

Departamento de Ingeniería Forestal

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural

Universidad Politécnica de Madrid



## **REVISIÓN Y DESARROLLO DE MODELOS DE CLASIFICACIÓN DEL CORCHO EN PLANCHA**

**Autor:** David Benito Lázaro

**Directores:** Prof. D. José Ramón González Adrados  
Dr. Ingeniero de Montes

D.<sup>a</sup> María de la O Sánchez González  
Dra. Ingeniero de Montes

**Vº Bº de los directores**

---

José Ramón González Adrados

---

María de la O Sánchez González

**2014**



## CALIFICACIÓN DEL PROYECTO FIN DE GRADO

### MIEMBROS DEL TRIBUNAL

**PRESIDENTE:** \_\_\_\_\_

**VOCAL:** \_\_\_\_\_

**SECRETARIO:** \_\_\_\_\_

Reunido el Tribunal de calificación con fecha \_\_\_\_\_ acuerda otorgar

al alumno la CALIFICACIÓN GLOBAL de \_\_\_\_\_

**Presidente**

**Vocal**

**Secretario**

Fdo.: \_\_\_\_\_ Fdo.: \_\_\_\_\_ Fdo.: \_\_\_\_\_

## Resumen

---

La calidad de las planchas de corcho, entendida como su aptitud para la fabricación de tapones de corcho natural, determina la clase comercial de las mismas y, por tanto, su valor económico.

Esta clasificación, llevada a cabo tradicionalmente en la industria preparadora por el escogedor, depende en gran medida de las anomalías presentes en la plancha. Con el objetivo de conocer qué variables entran en juego en la clasificación y cuál es el peso de cada una de ellas, se han realizado diferentes estudios. García de Ceca (2001) propone modelos de clasificación de piezas de corcho en plancha de 20 cm x 20 cm, elaborados con muestras procedentes de las principales regiones productoras de corcho a nivel global: Portugal, España y Marruecos.

En el presente estudio se lleva cabo la validación de los modelos propuestos por el citado autor, utilizando ahora piezas procedentes de las principales regiones productoras a nivel nacional (Andalucía, Extremadura y Cataluña), obtenidas en muestreos completamente independientes de los utilizados en la elaboración de los modelos. A la vista de los resultados obtenidos, se proponen medidas para la mejora y actualización de los modelos, atendiendo a criterios tecnológicos, normativos y científicos. Por último, se desarrolla un software para la clasificación de muestras de corcho por gestores y propietarios, al que se añade un breve manual metodológico.

Los modelos de García de Ceca (2001) resultan aplicables para las procedencias españolas, obteniendo un 79,66% y un 75,39% de aciertos en la clasificación de piezas, para los modelos 2TC y 2TR respectivamente. Se han incluido modificaciones relativas a la presencia de mancha amarilla, los calibres demasiado delgados para la fabricación de tapones y la superficie ocupada por anomalías, consiguiendo elevar los resultados de acierto al 86,27% y 89,12%. Por último, se ha desarrollado una aplicación en Visual Basic® for Applications sobre Microsoft Excel® que permite la clasificación de corcho por personal no especializado, a partir de la metodología descrita en el manual.

## Abstract

---

The quality of cork planks, as well as their aptitude for natural cork stoppers production, determines their commercial class and economic value. The quality is evaluated visually and classified in a subjective way according to the number and type of defects that it presents (cracks, attacks of insects, etc.).

Classification is carried out by expert operatives in the preparatory industry that, after evaluating the planks visually, determine the category according their experience and common sense.

Cork planks classification depends on anomalies. In recent years, different studies to know what are the influent values and their importance have been published. García de Ceca (2001) proposes several classification models for 20 cm x 20 cm cork plank probes, elaborated with samples of the principal production regions at global scale: Portugal, Spain, and Morocco.

In this study, we will validate these models with cork plank samples exclusively from productive regions in Spain (Andalucía, Extremadura, and Cataluña), obtained by an independent sampling. After the study of the results, modifications and updates will be proposed for the procedure focusing on technologic, normative, and scientific criteria. Then, a classification software will be developed. A brief methodological guide will be included.

Garcia de Ceca (2001) models obtained 79.66% and 75.39% of correct classifications for 2TC and 2TR models, respectively, when applied. Modifications about yellow stain, low caliber and anomalies surface have improved the correct classifications rate up to 86.27% and 89.12%. An application for non-specialized user to classify cork plank samples (and its methodological guide) has been developed.



## Agradecimientos

---

Quiero dar gracias, antes de nada, a mi familia, especialmente a mis padres y a mi hermana Estefanía. Ellos son quienes me han animado y cuidado a lo largo de estos meses de proyecto, durante los cinco años de carrera y durante los 18 años anteriores, enseñándome a no rendirme, a luchar por aquello que quería, a ser honesto y agradecido y a no aspirar a menos que a lo mejor que pudiera. Sin ellos, desde luego, nada de esto habría sido posible. Muchas gracias.

También quiero dar gracias muy especialmente a mis tutores, el Dr. José Ramón González Adrados y la Dra. Mariola Sánchez González, por su preocupación y trabajo en este proyecto y por todo lo que he podido aprender de ellos, tanto académica y científicamente, como en el campo de lo humano.

Quiero agradecer también de manera especial la ayuda y el apoyo recibido de los técnicos del Laboratorio de Corcho del INIA, Lorenzo Ortiz y María Luisa Cáceres, que han estado siempre dispuestos a alargar la mano en mi ayuda, motivarme y animarme, y de cuya compañía he disfrutado durante esta temporada. Igualmente, quiero mostrar mi gratitud al resto del personal del laboratorio con el que he compartido estos meses: Dr. José Luis García de Ceca, siempre buscando el lado bueno de las cosas, y Dr. Florentino González Hernández, ilustrándome con la vasta experiencia y conocimiento del investigador forestal que lo ha vivido todo. Quiero hacer este agradecimiento extensivo a todas esas otras aquellas personas que forman parte del equipo del INIA y de las que he podido aprender durante este proyecto, entre ellas, Dra. Margarita Elvira, Dra. Rosa Raposo, D. Emilio, y muchos otros.

No quiero dejar de dar gracias a todos aquellos compañeros y profesores que me han acompañado a lo largo de mi paso por la E.T.S. de Ingenieros de Montes, en especial a aquellos que han jugado algún papel en este trabajo; a Txema Fernández-Monge, Alejandro Gómez, Alberto Tordesillas, Alejandro Rozene, Esperanza Ayuga y Nacho Bobadilla.

Por último, no quiero dejar de mostrar mi gratitud por mis amigos, que me han alentado, aconsejado y ayudado a llegar hoy hasta aquí: Juan, Ana, Juancho, Luisfer, Miguel, P. José Ignacio, Arturo, Paloma y muchos otros.



# Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>iv</b>
<b>Agradecimientos .....</b>	<b>v</b>
<b>Índice.....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>viii</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de abreviaturas.....</b>	<b>x</b>
<b>1. Planteamiento del problema.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Material y métodos .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1. Introducción .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2. Procesos previos .....</b>	<b>9</b>
3.2.1. Toma de muestras.....	9
3.2.2. Preparación de las muestras .....	11
3.2.3. Toma de datos.....	14
<b>3.3. Depuración de los datos.....</b>	<b>23</b>
3.3.1. Error en la medida del calibre .....	24
3.3.2. Error en el cálculo de la densidad .....	25
3.3.3. Error en la valoración de las anomalías .....	26
3.3.4. Error en la asignación del tipo de porosidad .....	27
3.3.5. Error en la medida del coeficiente de porosidad.....	28
<b>3.4. Análisis estadístico .....</b>	<b>29</b>
3.4.1. Análisis preliminar y estudio de anómalos .....	29
3.4.2. Análisis descriptivo .....	30
3.4.3. Análisis de la varianza .....	31
<b>3.5. Validación y mejora de modelos .....</b>	<b>33</b>
<b>3.6. Desarrollo de la aplicación informática y el manual de usuario .....</b>	<b>36</b>
<b>4. Resultados y discusión .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1. Depuración de los datos.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2. Análisis estadístico .....</b>	<b>39</b>
4.2.1. Análisis preliminar.....	39
4.2.2. Análisis descriptivo.....	40
4.2.3. Análisis de la varianza .....	46
<b>4.3. Validación y mejora de modelos .....</b>	<b>48</b>
4.3.1. Validación de los modelos .....	48
4.3.2. Estudio de discrepancias.....	48
4.3.3. Mejora de modelos.....	50
<b>4.4. Aplicación informática desarrollada.....</b>	<b>52</b>
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>54</b>



<b>6. Resumen del estudio .....</b>	<b>55</b>
<b>6.1. Fases para la realización del estudio.....</b>	<b>55</b>
<b>6.2. Descripción de las tareas.....</b>	<b>55</b>
<b>6.3. Cronograma .....</b>	<b>58</b>
<b>6.4. Costes del estudio.....</b>	<b>60</b>
<b>Anexo I – Resultados de la depuración.....</b>	<b>61</b>
Anexo I.I. – Listado y resultados de la depuración de valores de calibre.....	61
Anexo I.II. – Listado y resultados de la depuración para valores de densidad .....	62
Anexo I.III. – Listado y resultados de la depuración de la valoración de anomalías ....	63
Anexo I.IV. – Listado y resultados de la depuración del tipo de porosidad (TP) .....	65
Anexo I.V. – Listado y resultados de la depuración del coeficiente de porosidad (CP) .....	66
<b>Anexo II – Resultados del análisis estadístico.....</b>	<b>68</b>
Anexo II.I. Resultados del Test de Levene.....	68
Anexo II.II. – Resultados del análisis preliminar.....	68
Anexo II.III. – Resultados completos del análisis descriptivo de variables continuas por parcela de origen .....	69
Anexo II.IV. – Resultados completos del análisis de la varianza – Test de Kuskal- Wallis.....	75
<b>Anexo III – Resultados de la validación de modelos .....</b>	<b>80</b>
Anexo III.I. - Listado de revisión de probetas con discrepancias en la validación de modelos.....	80
Anexo III.II. - Variable DEFECTOS>20% .....	84
<b>Anexo IV – Código del programa.....</b>	<b>85</b>
<b>Anexo V - Manual de Usuario .....</b>	<b>87</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>97</b>



## Índice de tablas

Tabla 1 Clases de corcho por calibre (Adaptado. Fuente: IPROCOR). .....	4
Tabla 2 Identificación de parcelas de origen. Monte, localidad, provincia y coordenadas UTM. ....	10
Tabla 3 Distribución de las muestras por parcelas de procedencia.....	11
Tabla 4 Valoración de anomalías.....	20
Tabla 5 Tipos de porosidad según García de Ceca (2001). ....	21
Tabla 6 Tipos de salto en la valoración de anomalías. ....	26
Tabla 7 Descripción de clases y sentidos para discrepancias en la validación. ....	35
Tabla 8 Resultados del proceso de depuración por variables. ....	38
Tabla 9 Resumen de resultados del análisis preliminar (detección de outliers). ....	39
Tabla 10 Resumen de resultados del análisis descriptivo de variables continuas.....	40
Tabla 11 Frecuencias de ocurrencia absolutas y relativas para cada anomalía y cada grado de aparición o intensidad.....	42
Tabla 12 Frecuencias absolutas y relativas de ocurrencia para el tipo de porosidad.....	44
Tabla 13 Frecuencias absolutas y relativas de ocurrencia para 7 clases de calidad visual. ....	45
Tabla 14 Frecuencias absolutas y relativas de ocurrencia para 3 clases de calidad visual. ....	45
Tabla 15 Resultados del test de Kruskal-Wallis para las distintas variables. Valores del estadístico T y probabilidad asociada.....	46
Tabla 16 Resumen de resultados de validación de los modelos de García de Ceca (2001) para calas de procedencia nacional (muestra ECO). ....	48
Tabla 17 Descripción de clases y sentidos para discrepancias en la validación.....	49
Tabla 18 Tabla de contingencia de discrepancias en la clasificación del modelo 2TC.....	49
Tabla 19 Tabla de contingencia de discrepancias en la clasificación del modelo 2TR. ....	49
Tabla 20 Resumen de resultados de validación de modelos originales y modificados. Comparativa y diferencia. ....	50
Tabla 21 Comparativa de frecuencias de aparición de discrepancias en la clasificación con modelo completo original y modificado (2TC y 2TCV2, respectivamente).....	51
Tabla 22 Comparativa de frecuencias de aparición de discrepancias en la clasificación modelo reducido original y modificado (2TR y 2TRV2, respectivamente).....	51
Tabla 23 Resumen de comandos del programa y sus respectivas funcionalidades.....	52
Tabla 24 Frecuencia de ocurrencia de la variable DEFECTOS>20%. ....	84

## Índice de figuras

Figura 1 Sección transversal del alcornoque (elaboración propia).	1
Figura 2 Mapa de distribución del alcornoque ( <i>Quercus suber</i> L.) Fuente: EUFORGEN 2009 (www.euforgen.org).	2
Figura 3 Proceso de recorte, calibrado y escogido (clasificado) de planchas de corcho en la industria preparadora.	3
Figura 4 Muestreo de calas realizado por IPROCOR.	5
Figura 5 Diagrama de flujo del trabajo realizado.	8
Figura 6 Código de identificación de probetas. Ejemplo de configuración.	10
Figura 7 Proceso de recorte de las calas de corcho hasta las dimensiones fijadas mediante sierra de disco (Autor: David Benito).	12
Figura 8 Proceso de lijado de las calas de corcho (Autor: David Benito).	13
Figuras 9 Vista del almacén de la suberoteca y de una de las cajas empleadas para el almacenamiento de las probetas (Autor: David Benito).	14
Figura 10 Esquema de las medidas de longitud y calibre sobre una cala de corcho (elaboración propia).	15
Figura 11 Medida del calibre mediante pie de rey (Autor: David Benito).	16
Figura 12 Proceso de cálculo del volumen aplicando el Principio de Arquímedes (Autor: David Benito).	17
Figura 13 Pantalla del software de análisis imagen Olympus Stream Essentials 1.8 durante la medida del coeficiente de porosidad de una sección.	23
Figura 14 Diagrama de flujo del proceso de detección y corrección de errores en la medida de calibre.	25
Figura 15 Diagrama explicativo del concepto <i>salto</i> en el contraste de valoraciones.	27
Figura 16 Distribución de frecuencias para las variables Calibre (naranja), Coeficiente de Porosidad (verde), Densidad Superficial (azul) y Densidad Volumétrica (rojo).	40
Figura 17 Gráfico de frecuencia relativa de ocurrencia de las anomalías en función de su grado de aparición o intensidad.	43
Figura 18 Gráfico comparativo de la presencia de anomalías entre nuestra muestra (ECO) y los resultados del Plan de Calas 2012 de IPROCOR.	44
Figura 19 Gráfico de distribución de frecuencias para el tipo de porosidad.	44
Figura 20 Distribución de frecuencias para 7 clases de calidad visual.	45
Figura 21 Distribución de frecuencias para 3 clases de calidad visual.	45
Figura 22 Gráfico comparativo de la proporción de corcho taponable y de refugo entre nuestra muestra y los datos facilitados por el IPROCOR (histórico, 1995 y 2012) y la UNAC (2012).	46
Figura 23 Gráficas de medianas por finca de origen para cada variable.	47
Figura 24 Gráfico comparativo de porcentaje de aciertos para los modelos originales y modificados.	51
Figura 25 Captura de pantalla de la aplicación CorkClass 1.0.	53
Figura 26 Línea de flujo del trabajo realizado durante el proyecto.	55

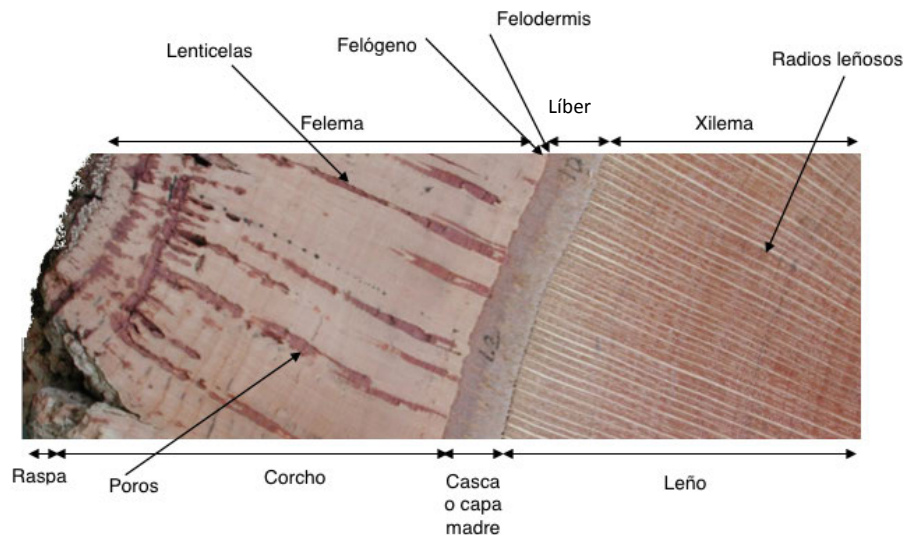


## Índice de abreviaturas

<b>CP</b>	Coeficiente de porosidad
<b>m.a.s.</b>	Muestreo aleatorio simple
<b>TP</b>	Tipo de porosidad
<b>VBA</b>	Visual Basic for Applications

# 1. Planteamiento del problema

El corcho puede ser definido, fundamentalmente, de dos maneras distintas. Si atendemos a las ciencias naturales, diremos que se trata de la corteza –o felema– del alcornoque (*Quercus suber* L.), es decir, una capa de tejido muerto (Figura 1) que separa la parte interior de la planta del medio exterior a ella, protegiéndola (Pereira 2007).



**Figura 1** Sección transversal del alcornoque (elaboración propia).

Sin embargo, si buscamos una definición de carácter industrial, hablaremos del corcho como material de características singulares, que es empleado en diversos usos y aplicaciones entre los que destaca, de manera capital, la fabricación de tapones de corcho natural para el cierre de botellas de vino (Vázquez Piqué 2002).

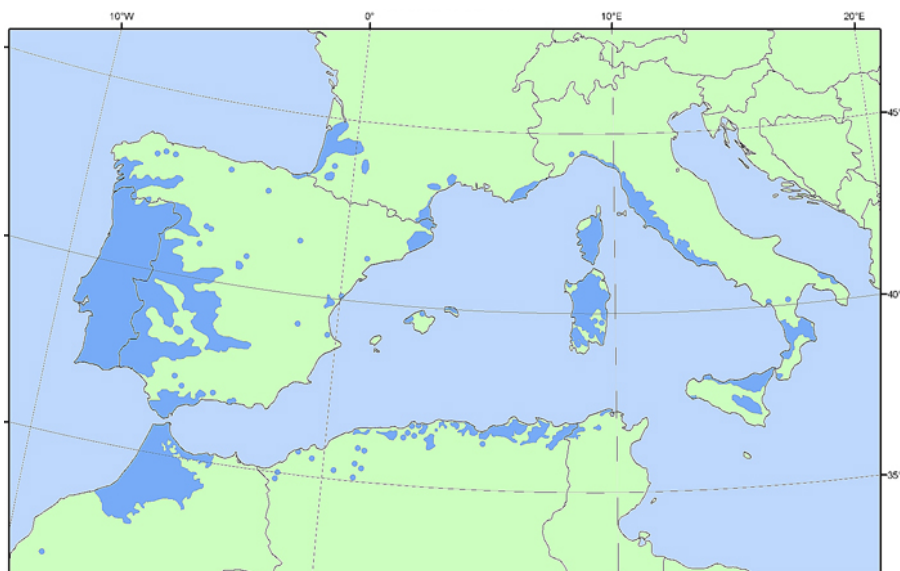
El alcornoque es una especie de distribución mediterránea (Ruiz de la Torre, 2006) (Figura 2), especialmente abundante en España y Portugal, que juntos suman 1,2 millones de hectáreas de alcornocal (Pereira, 2007), representando el 56,2% de su superficie total.

España es el segundo productor mundial de corcho después de Portugal, con una producción anual de unas 78.000 toneladas (ASECOR 2007), parte de las cuales son transformadas en las industrias españolas y otras exportadas, principalmente a las industrias portuguesas. El mercado del corcho movió en España durante el año 2013 más de 350 millones de euros.

El corchero es además un sector vinculado al desarrollo y al empleo rural en las zonas de producción, y posibilita la conservación de la dehesa, ejemplo de uso múltiple y sostenible del bosque y de protección de la biodiversidad (WWF 2006).

El sector del corcho en España alberga unas 250 empresas, y da empleo de forma directa a unas 3.000 personas (ASECOR 2008). Dentro de este sector, podemos distinguir

entre industria preparadora y manufacturera. La industria preparadora, centrada en el reposo, hervido, clasificación y enfardado de las planchas se encuentra establecida, principalmente, en las localizaciones más productoras (Andalucía y Extremadura). Las industrias transformadoras (principalmente taponeras) son más abundantes en la región catalana.



**Figura 2** Mapa de distribución del alcornoque (*Quercus suber* L.) Fuente: EUFORGEN 2009 ([www.euforgen.org](http://www.euforgen.org)).

La mayor parte de estas empresas son pequeñas y de carácter familiar (12 empleados de media), y de corte tradicional. Sin embargo, en los últimos años se ha empezado a invertir en desarrollo y en la incorporación de nuevos métodos que aumenten su competitividad. De igual manera, con la aparición de Systecode, sistema de certificación de calidad establecido por el C. E. Liège (Federación Europea del Corcho), y el Código de Buenas Prácticas Taponeras (CBPT), se ha conseguido un importante salto en el aseguramiento de la calidad en la industria del corcho y el tapón.

Al igual que ocurre en el resto de las industrias de los productos forestales no madereros, nos encontramos con un sector atomizado, con un gran número de pequeñas empresas de vocación local, con dificultades para competir a mayor escala.

El corcho es extraído del alcornoque mediante un proceso denominado descorche, que se realiza durante el periodo estival. El primer descorche tiene lugar cuando el 50% de los árboles de la finca han alcanzado los 60 cm de circunferencia sin corteza (75 cm en Portugal), que suele coincidir con árboles de edades de entre 25 y 35 años, y en él se extrae el corcho virgen o bornizo. Los siguientes descorches se producen en turnos de entre 9 y 16 años. De el segundo descorche se obtiene el corcho secundario y no es hasta el tercero y los sucesivos (corcho de reproducción) cuando se obtiene corcho de interés industrial.

Es importante destacar que el corcho, como material natural que es, posee una alta variabilidad. Razones de naturaleza fisiológica, genética, medioambiental o selvícola dan



lugar a piezas heterogéneas de corcho. Así, el turno de descorche (González Adrados et al. 1993a), la calidad de estación o los factores ambientales y los tratamientos recibidos (Montoya 1988), así como las características genéticas del pie (posibles problemas de consanguinidad), influirán en la calidad del corcho obtenido, al guardar relación con su desarrollo y, por tanto, con la densidad (crecimientos anuales), la porosidad y la calidad de las piezas extraídas.

Todas las panas de corcho presentan en sus tejidos ciertas singularidades (bien por la sustitución del tejido suberosos por otras estructuras, bien por la presencia de caracteres diferenciados sobre dicho tejido) que reciben el nombre de anomalías o defectos.

Las panas de corcho extraídas del alcornoque son desembocadas y transportadas al patio de fábrica de una industria preparadora. Allí son apiladas y sometidas a una primera clasificación. Tras un reposo de entre 12 y 18 meses, son hervidas para una vez estabilizadas, pasar al de recorte, calibrado y clasificado, en las que son separadas en clases de calibre y calidad (Figura 3).



**Figura 3** Proceso de recorte, calibrado y escogido (clasificado) de planchas de corcho en la industria preparadora.

En el caso del corcho, como ocurre con todos los materiales, la calidad juega un papel de especial trascendencia. Siguiendo el trabajo de Vázquez Piqué (2002), podríamos definir la calidad como la adecuada adaptación tecnológica de un material a los productos o usos a los que se destina. Esto nos indica que no es posible hablar de la calidad de un material de una manera abstracta, sino que ésta estará subordinada al producto o uso que pretendamos obtener del material a estudiar. Así, podremos evaluar la calidad del corcho en función de las aptitudes que presente para la obtención de su producto final de mayor valor añadido, el tapón natural de corcho para botellas de vino.

Algunas de las anomalías del corcho, que se pueden concretar en aspectos como inclusiones leñosas, ataques de insectos, etc., penalizan la aptitud de una pieza para la fabricación del producto final, influyendo de una manera negativa, por tanto, en la calidad de la misma. De esta manera, parece lógico pensar que analizando la presencia y la intensidad de estas anomalías, podremos determinar la calidad de una pieza de corcho.

En la industria preparadora (primera transformación) las panas de corcho procedentes del descorche del alcornoque son clasificadas en función del aspecto de las mismas (ausencia o presencia de defectos) y de su calibre (o grosor) por parte de un trabajador especializado con gran experiencia, que recibe el nombre de clasificador o escogedor. La combinación de estas dos variables da lugar al valor económico de la plancha (Montoya Oliver 1988). Es fácil asimilar que aquellas panas que pueden dar lugar a productos valiosos (al ser más aptas), presenten un valor mayor antes de su transformación.

El proceso de clasificación comienza por el calibrado, o asignación de cada plancha a una categoría de calibre. Aunque el número teórico de categorías es elevado (normas UNE 56915, ISO1216), lo más habitual es que el escogedor separe las planchas en un máximo de tres clases de calibre (Tabla 1). Posteriormente se realiza la clasificación por aspecto visual ("calidad") en la que no suelen considerarse más de tres o, como mucho, cuatro clases que, ordenadas de mayor a menor, son: 1ª-3ª, 4ª-5ª, 6ª-7ª y refugo. Son clasificadas como refugo las planchas no aptas para la manufactura de tapones o discos de corcho natural, y que son destinadas a trituración. Las tres primeras clases son las que denominamos de *corcho taponable*, el válido para la obtención de tapones naturales.

Anchura en mm	Anchura en líneas	Clase
< 27	< 12	Delgado
27 - 40	12 - 18	Taponable
> 40	> 18	Grueso

**Tabla 1** Clases de corcho por calibre (Adaptado. Fuente: IPROCOR).

Una vez clasificadas, las planchas son flejadas y enfardadas para ser enviadas a las industrias taponeras por fardos de igual clase de calidad y calibre.

Hemos podido comprobar que en las bases de la determinación de la calidad por parte del operario, se encuentra la presencia de anomalías o defectos, mas no es posible conocer cuáles son las variables y parámetros que se emplean y cuál es su peso. No existen criterios normalizados para la separación de clases, y esta división se hace atendiendo únicamente a la experiencia y sentido común del profesional que la realiza. Si bien es cierto que existe cierta consistencia por parte de un mismo clasificador y entre diferentes escogedores a la hora de clasificar la misma pieza, también lo es que dicho proceso adolece de falta de objetividad: no existe justificación científica alguna detrás de este proceso (García de Ceca 2001).

Así, al no existir procedimientos ni clases normalizadas cada escogedor puede realizar la clasificación con cierto sesgo, que repercute en una falta de seguridad por parte del comprador acerca de la calidad del corcho que está adquiriendo.

Además, el mercado corchero destaca por su poca transparencia. En la compra del corcho en campo intervienen un industrial altamente especializado en la materia y un propietario que vende su corcho cada nueve o más años y “debe” fiarse del precio propuesto por el comprador como resultado de su valoración subjetiva de la proporción de corcho taponable y de refugo para la campaña.

Algunos organismos como el Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal (IPROCOR) del Gobierno de Extremadura, realizan campañas anuales de muestreo de calas (Figura 4), con el fin de poner a disposición pública (y de los propietarios y gestores) el valor aproximado del corcho a extraer, obtenido a partir del estudio de las anomalías y propiedades de las piezas estudiadas.



**Figura 4** Muestreo de calas realizado por IPROCOR.

Por primera vez, García de Ceca (2001) aborda en un trabajo científico el problema de la valoración sistemática de defectos para la definición de la calidad de las planchas de corcho de una forma objetiva. En dicho trabajo, el autor analiza qué factores son los que influyen en la calidad de las planchas de corcho y elabora, asimismo, modelos para la clasificación de las mismas.

Así, se obtienen modelos que, una vez validados, resultan consistentes y eficaces; para ello, fueron tomadas muestras procedentes de todas las regiones de procedencia a escala global. El presente trabajo busca comprobar la bondad de estos modelos para la determinación de la calidad de las planchas de que puedan obtenerse en las principales regiones de procedencia del alcornoque en España (Sierra Norte de Sevilla, Parque de los Alcornocales, Jerez de los Caballeros, Sierra de San Pedro, Sierra de las Gabarras y Alto Ampurdán). Asimismo, se pretende introducir modificaciones y mejoras en dichos modelos para ajustarlos a las prácticas industriales actuales y a la normativa de calidad, de obligado cumplimiento en la industria corchera.



Por último, para facilitar la determinación de la calidad de planchas de corcho con fines técnicos (gestores) y didácticos, se pretende desarrollar una aplicación informática que nos permita obtener la calidad del corcho (que unida a su calibre nos aporta el valor económico de cada plancha) a partir de la observación de las anomalías de las planchas de corcho y valoración de las mismas bajo unos criterios objetivos.

## 2. Objetivos

---

- Validar los modelos de estimación de calidad del corcho en plancha a partir de sus anomalías propuestos por García de Ceca (2001) con planchas de corcho procedentes de distintas áreas del territorio español.
- Estudiar las posibilidades de aplicación de los modelos en áreas geográficas restringidas.
- Mejorar los modelos y realizar una actualización de los mismos a la normativa y usos industriales actuales en la industria corchera.
- Desarrollar una aplicación informática accesible para la clasificación de planchas de corcho a partir de sus anomalías o defectos, y su protocolo de uso.

## 3. Material y métodos

### 3.1. Introducción

Para la realización del presente trabajo, han sido utilizadas probetas de la suberoteca (colección de calas de corcho), así como las instalaciones y equipamiento del Laboratorio de Corcho, perteneciente al Departamento de Productos Forestales del Centro de Investigación Forestal (CIFOR), del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).

Este trabajo ha sido dividido en varios procesos, que van desde la toma de muestras en campo hasta la validación de los modelos y el desarrollo de una aplicación informática de clasificación de probetas de corcho y su protocolo de uso. En los distintos epígrafes de este capítulo se estudia la metodología utilizada en cada proceso, así como el material empleado en la ejecución de cada una de las tareas realizadas.

La Figura 5 muestra un diagrama de flujo del trabajo realizado:

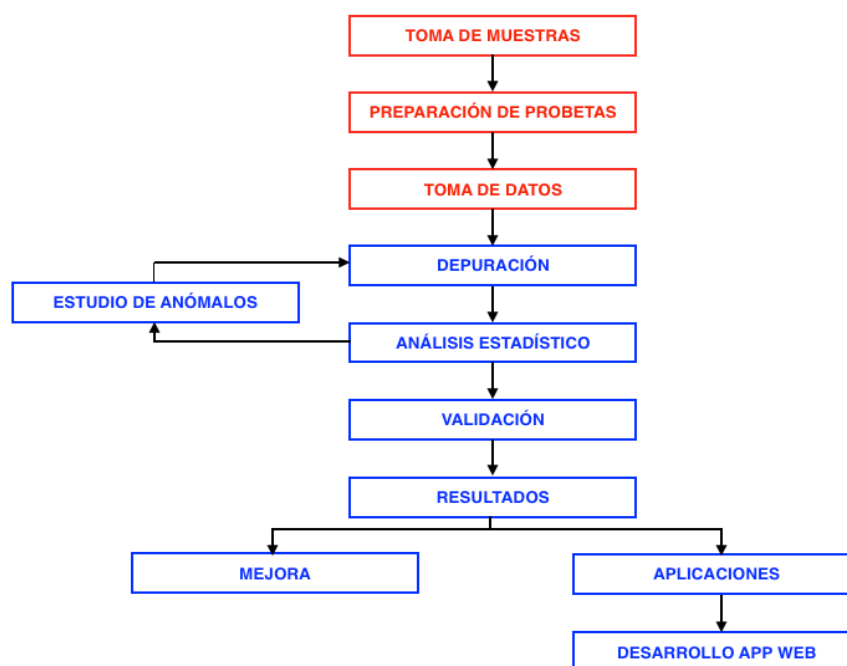


Figura 5 Diagrama de flujo del trabajo realizado.

En este diagrama de flujo se pueden apreciar dos grupos de procesos, que aparecen diferenciados por el color. En rojo, se muestran las tareas o procesos que habían sido realizados por el personal del laboratorio antes del inicio de este proyecto (procesos previos); en azul, los procesos realizados por el autor y que constituyen este trabajo.

## 3.2. Procesos previos

En este apartado se recogen las operaciones realizadas por el personal del Laboratorio de Corcho del INIA-CIFOR antes del comienzo de este Proyecto.

### 3.2.1. Toma de muestras

La muestra tomada para la realización de este trabajo está formada por un total de 772 probetas o calas de corcho procedentes de las principales regiones de producción de corcho en España. Fueron obtenidas como parte de los trabajos de campo de los proyectos “Estudio ecológico de los alcornocales de Andalucía, con elaboración de modelos paramétricos de trascendencia selvícola” y “Estudio de la silvicultura de los alcornocales (*Quercus suber* L.) y encinares (*Quercus rotundifolia* L.)”, desarrollados en el INIA entre 1993 y 1996.

Para la formación de dicha muestra, se tomaron calas de corcho en un total de 18 fincas, tal y como se detalla en la Tabla 2. Dentro de cada una de ellas, se designó aleatoriamente un árbol perteneciente a una zona representativa de la misma (m.a.s.), tomándose muestras de éste y de los 4 árboles más próximos a él. De ésta manera, quedaron conformadas 18 parcelas con un número de pies  $n = 5$ . A cada una de estas parcelas le fue asignado un código de identificación (Id.) que permitiera la trazabilidad de la muestra.

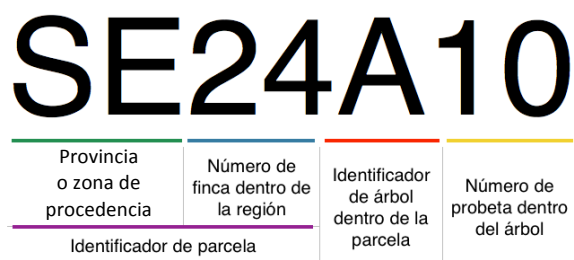
Id.	Nombre del monte	Localidad	Provincia	Coordenadas UTM
AM	La Cardona	Maçanet de Cabrenys	Gerona	USO: 31 X: 479,5; Y: 4692,6
GA	Fitor – La Caborca	Fonteta	Gerona	USO: 31 X: 505,3; Y: 4639,4
JC	Las Medianas – La Cerca del Coto	Jerez de los Caballeros	Badajoz	USO: 30 X: 685,7; Y: 4248,6
SP	El Chaparral – Campo Macías	Cáceres	Cáceres	USO: 30 X: 697,8; Y: 4350,8
SE4	La Jarosa	El Pedroso	Sevilla	USO: 30 X: 262,1; Y: 4190,3
SE5	El Robledo	Constantina	Sevilla	USO: 30 X: 275,0; Y: 4201,7
SE8	Las Navas	Almadén de la Plata	Sevilla	USO: 30 X: 758,1; Y: 4187,0
SE9	El Berrocal	Almadén de la Plata	Sevilla	USO: 30 X: 760,1; Y: 4192,1
SE10	La Padrona	Real de la Jara	Sevilla	USO: 30 X: 760,8; Y: 4205,4



Id.	Nombre del monte	Localidad	Provincia	Coordenadas UTM
C3	Picacho	Alcalá de los Gazules	Cádiz	USO: 30 X: 263,4; Y: 4045,0
C6	Benazainilla	Jimena de la Frontera	Cádiz	USO: 30 X: 278,2; Y: 4037,4
C8	Carrizoso	Alcalá de los Gazules	Cádiz	USO: 30 X: 262,6; Y: 4038,2
C10	Laganés	Alcalá de los Gazules	Cádiz	USO: 30 X: 266,6; Y: 4033,6
C12	La Jara	Jerez de la Frontera	Cádiz	USO: 30 X: 267,3; Y: 4050,5
C16	Cinchado	Medina Sidonia	Cádiz	USO: 30 X: 258,7; Y: 4022,1
C17	Valdeinfierno – Yesquero	Los Barrios	Cádiz	USO: 30 X: 262,6; Y: 4012,4
C18	Valdeinfierno – Gorrión	Los Barrios	Cádiz	USO: 30 X: 264,3; Y: 4012,6
C24	Las Beatas	Los Barrios	Cádiz	USO: 30 X: 270,8; Y: 4022,5

**Tabla 2** Identificación de parcelas de origen. Monte, localidad, provincia y coordenadas UTM.

En cada uno de los árboles muestreados (5 por parcela), se extrajeron, en función de la altura de descorche, entre 6 y 10 calas o probetas de corcho de un tamaño aproximado de 200 x 200 mm, entre 3 y 5 para cada orientación de cara de descorche (norte y sur). Cada cala de corcho fue extraída a distinta altura, estando separada de la anterior entre 40 y 60 cm. Todas las probetas fueron marcadas con un código que permitiera su identificación, y que presentaba la siguiente estructura.



**Figura 6** Código de identificación de probetas. Ejemplo de configuración.

En la Figura 6 observamos un ejemplo de la configuración del código de identificación de las probetas. En él aparece el código asociado a la probeta número 10, del árbol A, de la parcela SE24, una de las parcelas ubicadas en la provincia de Sevilla.

Asimismo, se tomó nota de la orientación de la cara en la que se procedió a descorchar para extraer cada cala (N – para norte – y S – para sur –).



Si tomáramos 10 probetas en cada uno de los 5 árboles de cada una de las 18 fincas, manejaríamos un total de 900 muestras. Si bien, no siempre es posible tomar las muestras de la manera anteriormente indicada. En algunas ocasiones, el árbol no tenía una altura suficiente como para extraer 5 probetas por cara respetando una separación adecuada entre ellas, en otras, la morfología o estado del árbol lo desaconsejaban. También, en algún caso muy concreto, se tomó alguna muestra más allá de las 50 que corresponderían a cada parcela. De ahí, que el número final de probetas quede en 772, que están distribuidas por parcela de procedencia como se indica en la Tabla 3.

Identificador de finca	Número de muestras	Identificador de finca	Número de muestras
AM	35	C3	50
GA	35	C6	50
JC	34	C8	50
SP	35	C10	50
SE4	50	C12	49
SE5	50	C16	30
SE8	51	C17	50
SE9	35	C18	36
SE10	48	C24	34
Total de muestras tomadas			772

**Tabla 3** Distribución de las muestras por parcelas de procedencia.

### 3.2.2. Preparación de las muestras

#### Cocción y secado

En el otoño posterior al descorche las calas fueron trasladadas a una industria preparadora de la provincia de Sevilla, donde fueron hervidas siguiendo el proceso habitual (1 hora a 100°C de temperatura y a presión atmosférica), recortadas y clasificadas por un operario experto. Después de la clasificación fueron trasladadas al laboratorio donde fueron almacenadas tras un período de secado y estabilización. Fueron incorporadas a la suberoteca de este laboratorio, asignando a esta colección el nombre de “ECO”.

Todas las piezas fueron clasificadas en clases de calidad por un clasificador (o escogedor) experto, que desempeña su labor profesional en la industria de preparación del corcho, tal y como se ha comentado

El escogedor asignó a cada una de las 772 calas de corcho su clase de calidad correspondiente, entre un total de ocho categorías (de 1ª a 7ª y refugo). Esta clasificación reviste una gran importancia en este trabajo, ya que será el parámetro industrial real a comparar con los valores arrojados por los modelos que se estudian, en pos de comprobar el funcionamiento de los mismos.

Las piezas fueron marcadas con la clase asignada en su cara transversal con rotulador permanente por el escogedor. Estos datos fueron posteriormente añadidos a la matriz de datos de la colección por los operarios del laboratorio, comprobando su correcta transcripción, con el fin de evitar posibles errores en un parámetro de tanto importancia.

#### Recorte de las calas

Las calas almacenadas presentaban, en muchas ocasiones, contornos irregulares y dimensiones distintas; características que podían dificultar el proceso de toma de datos. Al comenzar el proceso de revisión y reorganización de la suberoteca en el año 2013 se decidió homogeneizar las dimensiones. Para hacerlo, las piezas pasaron por la carpintería del Departamento de Productos Forestales del INIA-CIFOR, el mismo al que pertenece el Laboratorio del Corcho.



**Figura 7** Proceso de recorte de las calas de corcho hasta las dimensiones fijadas mediante sierra de disco (Autor: David Benito).

Allí, un operario especializado, realizó el recorte hasta conseguir piezas de superficie cuadrangular y 200 mm de lado. Este proceso se llevó a cabo mediante un sierra circular, tal y como se puede observar en la Figura 7.

#### Lijado de la sección transversal y soplado de las piezas

Para poder realizar correctamente la valoración de las anomalías de las calas de corcho es necesario contar con piezas que presenten una sección transversal limpia y lo suficientemente lisa como para poder diferenciar y valorar cada defecto.

Asimismo, la obtención del coeficiente de porosidad mediante técnicas de análisis de imagen, previa digitalización de las secciones transversales de las calas, exige una

superficie pulida, que permita obtener imágenes claras y exentas de sombras u otras irregularidades que puedan generar confusión en la selección de los poros.

Con el fin de obtener una sección transversal de superficie clara y pulida, esta cara fue lijada en todas las piezas. Se realizaron dos lijados: primero, uno con hoja de 80 y posteriormente, otro más fino, con hoja de 400. En la Figura 8 observamos al personal de la carpintería realizando el proceso de lijado.

Para poder asegurar que los poros de la superficie no quedaban cubiertos por las partículas procedentes del lijado de las piezas u otros elementos generados en el proceso, se procedió al soplado de las piezas, mediante el uso de una pistola de aire comprimido.

Al igual que en el paso anterior, el proceso fue realizado en las instalaciones de carpintería del Departamento de Productos Forestales del INIA-CIFOR.



**Figura 8** Proceso de lijado de las calas de corcho (Autor: David Benito).

#### Almacenamiento y trazabilidad

Por último, las piezas preparadas, marcadas con su identificador correspondiente, fueron separadas en distintas cajas – cuarenta – identificadas con el nombre de la colección (ECO) y el número de caja (por orden correlativo del 1 al 40) y emplazadas en el almacén del Laboratorio de Corcho (Figura 9), donde se localiza el fondo de calas de la suboteca.

Con el fin de poder asegurar la trazabilidad, se añadió a cada registro de la base de datos el número de caja en la que se encontraba almacenada cada probeta.



**Figuras 9** Vista del almacén de la suberoteca y de una de las cajas empleadas para el almacenamiento de las probetas (Autor: David Benito).

### 3.2.3. Toma de datos

Una vez preparadas las probetas, conforme a lo indicado en el apartado anterior, se procedió a la toma de datos, correspondientes a las características de naturaleza física de las probetas. Asimismo, conjuntamente a este proceso de medida de pesos, dimensiones y volúmenes de la calas, se realizó la valoración objetiva de las anomalías de las probetas conforme a las pautas descritas por García de Ceca (2001) y el cálculo del coeficiente de porosidad de cada pieza mediante técnicas de análisis de imagen.

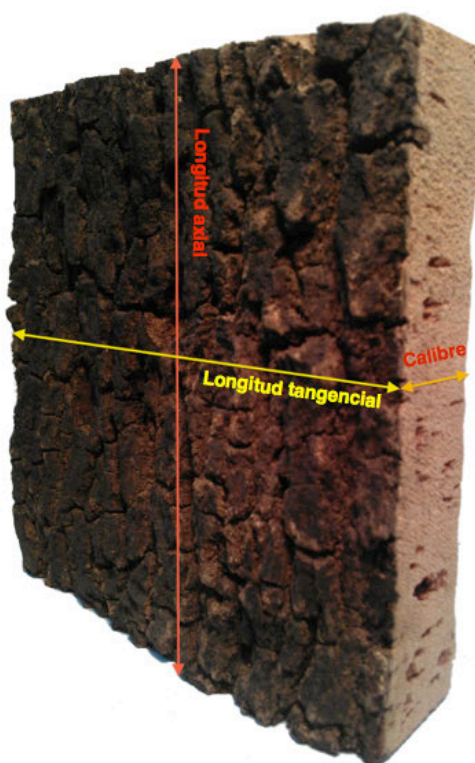
A continuación, se describe el procedimiento y material empleado en cada uno de estos trabajos de toma de datos.

#### 3.2.3.1. Toma de datos físicos

Las probetas, una vez cocidas y secadas, fueron **pesadas** en una balanza *Sartorius modelo Combics 1*, de precisión 0,5 gramos. Este proceso fue repetido algunas semanas más tarde, para poder contrastar los datos y detectar posibles errores en la toma o transcripción de los datos (durante la depuración de datos.).

Se tomaron, asimismo, las medidas de **longitud** en las direcciones axial y tangencial mediante el uso de un flexímetro de 1 milímetro de precisión. Estas medidas fueron realizadas en la parte central de la pieza para cada una de las direcciones.

En la Figura 10 se muestra de forma esquemática la dirección de cada una de las medidas de longitud tomadas en cada probeta.



**Figura 10** Esquema de las medidas de longitud y calibre sobre una cala de corcho (elaboración propia).

El **calibre** queda definido como el grosor de la cala, esto es la longitud de la pieza en su dirección radial. Es una de las magnitudes de mayor importancia para la valoración de las planchas de corcho. Dependiendo de su grosor, la plancha podrá ser empleada o no en la fabricación de tapones de corcho.

En un primer momento, cuando se tomaron las medidas físicas de las calas, se midió esta variable en la parte central de cada pieza, mediante el uso de un calibre de precisión de 0,05 milímetros, tal y como aparece en la Figura 11. Más tarde, cuando las secciones transversales fueron digitalizadas para el estudio del coeficiente de porosidad, se pudo realizar una medida más precisa del calibre mediante software de análisis de imagen (Olympus Stream Essentials 1.8.). En este caso, se tomaron tres medidas del calibre (al 25, 50 y 75 % de la longitud tangencial), calculando el calibre medio de la pieza como el promedio de estas medidas. Debido a su mayor fiabilidad, se tomó este segundo dato como valor de calibre, empleando la medida manual para el contraste en la depuración de los datos.





**Figura 11** Medida del calibre mediante pie de rey (Autor: David Benito).

El **volumen** de las calas es un dato que, si bien no reviste demasiada importancia aisladamente, es imprescindible para el cálculo de la densidad de la pieza.

Para el cálculo de la densidad se emplearon dos métodos distintos. El primero consistía en el cálculo de volumen geométrico, mediante una sencilla operación algebraica, habida cuenta de que disponíamos de los datos de longitud axial y tangencial y de la medida del calibre.

$$Volumen_{cala} = longitud_{axial} \cdot longitud_{tangencial} \cdot calibre\ medio$$

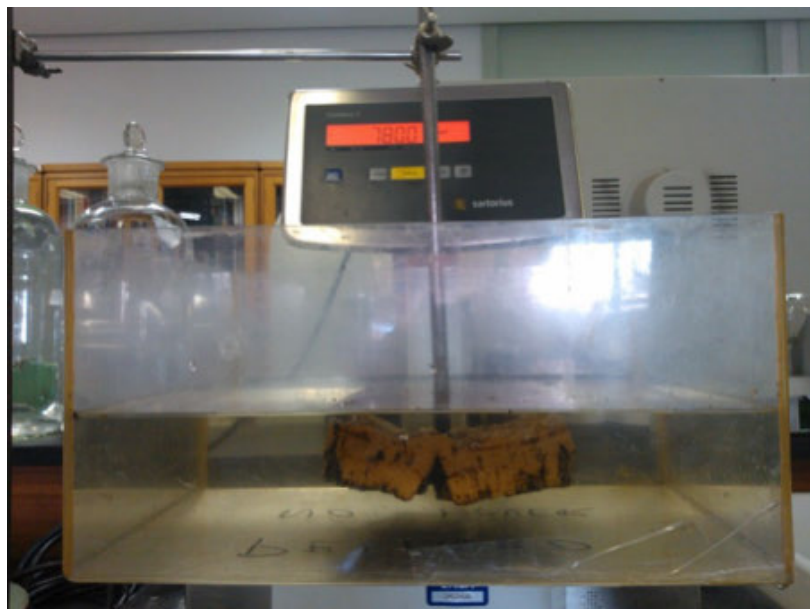
El uso de este método para el cálculo del volumen suponía aceptar la premisa de que las probetas de corcho eran paralelepípedos, premisa algo aventurada teniendo en cuenta la curvatura propia de las panas, que recubren una sección más o menos circular, y las irregularidades presentes en un material natural tan heterogéneo.

El segundo método aplicado consistía en el cálculo directo del volumen de la pieza mediante el principio de Arquímedes. Siguiendo las pautas marcadas por González Hernández et al. (2000) sobre este método de cálculo de la densidad del corcho, se procedió de la siguiente manera.

Como aparece en la Figura 12, se llenó un recipiente transparente con agua hasta alcanzar un volumen de 5 litros y se colocó sobre una balanza *Sartorius Combics 1* (precisión de 0,5 gramos), tarándola. De esta forma, al introducir un cuerpo en el fluido, la balanza marcaría el aumento de peso experimentado; como es sabido que la densidad del agua es igual a 1 kilogramo por litro (o por  $dm^3$ ), podremos afirmar que el volumen del cuerpo en inmersión, según el Principio de Arquímedes, será igual al aumento de peso indicado por la balanza.

Para poder aplicar esta metodología, el cuerpo debía estar totalmente sumergido en el líquido. Esto suponía una dificultad en nuestro caso, ya que el corcho presenta una

densidad tan baja que flota en el agua. Para subsanar este problema, se decidió sujetar las piezas mediante una punta metálica, como se observa en la imagen que acompaña a esta líneas (Figura 12). De igual manera, con el fin de poder asegurar la bondad de estas medidas, debía existir la seguridad de que, en el momento de la toma de datos, la pieza de corcho no contactaba con ninguna superficie lateral ni inferior del recipiente.



**Figura 12** Proceso de cálculo del volumen aplicando el Principio de Arquímedes (Autor: David Benito).

La medida era realizada a la mayor brevedad posible desde la inmersión de la pieza, una vez mitigado las turbulencias causadas por la inmersión del cuerpo (cuando el peso se mantenía estable). De esta manera, transcurrido tan breve lapso temporal, se podría despreciar la variación en la medida provocada por la absorción de agua por parte de la pieza de corcho. Asimismo, también se consideró despreciable la modificación que experimentaba la medida original de volumen de la pieza al incluirse entre la superficie sumergida la fracción de la punta metálica que quedaba bajo la capa de agua.

Por razones obvias de fiabilidad, se tomó como dato del volumen el calculado por el método directo (mediante el principio de Arquímedes), utilizando el resultado del primer método como elemento de contraste para la depuración de las medidas de densidad.

Para este trabajo, hemos calculado dos tipos de **densidad**: la densidad volumétrica y la densidad superficial.

La densidad volumétrica se corresponde con la definición habitual de densidad como cociente entre el peso y el volumen de un cuerpo. Para calcularla se tomaron los valores de peso y volumen (calculado por el método directo, según se ha explicado anteriormente), obteniéndose las medidas en unidades de  $\text{kg/m}^3$ .

Posteriormente, fue calculada la densidad superficial. La densidad superficial, o peso por unidad de superficie, nos indica el peso del corcho en función de la superficie de material que tomemos. Es un parámetro que caracteriza la productividad de un árbol, una parcela o un monte (González Hernández et al. 2000) y que puede ser empleado para la clasificación de la calidad de estación de los alcornoques (Montoya Oliver 1985), siendo un parámetro fundamental para la cuantificación de corcho en campo (sobre el alcornoque).

Para el cálculo de este parámetro se emplearon los valores depurados del peso y un valor de superficie, obtenido como el producto del volumen de las piezas (por método directo) y su calibre medio. Se realizaron las transformaciones necesarias, devolviendo unos valores de densidad superficial en unidades de  $\text{kg/m}^2$ .

### 3.2.3.2. Valoración de las anomalías y del tipo de porosidad

Podríamos definir las anomalías como ciertas irregularidades que se dan en el corcho, bien por una discontinuidad en el material suberoso o una sustitución de este por otros materiales lignocelulósicos (Pereira 2007), bien por una geometría irregular de las panas o fracturas o coloraciones en la superficie.

La valoración de estas anomalías cobra una importancia capital en este trabajo. De su presencia e intensidad depende en gran medida la aptitud de una plancha de corcho para la fabricación de tapones para botellas de vino, y por ende, la calidad de la pieza y su valor económico.

Estas anomalías, también llamadas en ocasiones defectos, alteran las propiedades físico-mecánicas y estéticas del tapón natural de corcho, diezmando su capacidad para realizar de una manera eficaz su encomienda: el cierre de las botellas de vinos que asegure su estanqueidad, permitiendo el intercambio gaseoso del vino con la atmósfera (respiración), ejerciendo de barrera que impida la penetración de agentes exteriores y asegurando que cumple dichas funciones sin transmitir ningún tipo de olor o sabor no deseado al vino.

Son estos parámetros (presencia de anomalías), junto al calibre de la pieza, los que toma en cuenta el escogedor para separar en distintas categorías las planchas de corcho que llegan a la industria corchera de preparación. Este proceso es desarrollado por el operario en base a sus conocimientos y experiencia, ya que no existe ninguna norma ni procedimiento establecido que determine cuáles de estas anomalías deben ser estudiadas, con qué peso se debe considerar cada una ni cómo hay que valorarlas individualmente.

Aunque el proceso realizado por el escogedor presenta un alto grado de consistencia (las clases no varían o varían poco al clasificar la misma pieza en dos momentos distintos y por dos operarios diferentes), adolece de objetividad; no existe ningún criterio normalizado o base científica que lo respalde.



Con el propósito de establecer de una manera clara y objetiva como podía ser la clasificación de estos defectos (para poder conocer cuáles influyen y en qué medida en la clasificación del corcho en plancha), fue desarrollado un procedimiento de valoración por García de Ceca (2001) que asignaba a cada anomalía un valor de 0 (nula), 1 (moderada) ó 2 (grave), en función del grado de presencia e intensidad que presentara el defecto en la muestra de corcho, en función de unos criterios previamente descritos.

Se han valorado un total de 11 anomalías. En la Tabla 4, se exponen los criterios que han sido utilizados, siguiendo las indicaciones de García de Ceca (2001), para la valoración de las anomalías en cada una de nuestras probetas.

Para facilitar esta operación de valoración, los operarios disponían de la descripción de los tipos de porosidad, accesible en todo momento, y de una colección de imágenes patrón para valorar por comparación. Estas imágenes se pueden consultar en el Anexo V.

A lo largo del proceso de toma de datos, se realizaron dos mediciones para estas variables categóricas. Una primera valoración (medida de control), realizada al poco tiempo de la toma de muestra por un operario formado para dicha labor, que asignaba un valor para cada una de las anomalías de cada probeta. Y otra segunda (medida inicial), que se realizó tiempo después de la primera medida. En esta última participaron tres operarios. Dos de ellos, previamente formados y entrenados para realizar dicha labor, valoraron las anomalías de todas las piezas de forma independiente. Se compararon los valores asignados por cada uno de ellos en cada caso. Cuando ambos operarios coincidían en la valoración, se daba esta por buena. Sin embargo, si había discrepancia entre ambos operarios, un tercero, de mayor grado de formación, resolvía la valoración de esa anomalía.

En todos los casos, debido a la mayor exhaustividad de este último proceso, se tomará la medida inicial como medida válida para los cálculos de este trabajo. La otra medida, se empleará para la búsqueda de errores mediante contraste, trabajo correspondiente al proceso de depuración de datos.

La **porosidad** es uno de los factores más importantes en la valoración de las planchas de corcho. Podría ser considerada como una anomalía o defecto más, pero ha sido separada debido a su valoración diferenciada, que clasifica las probetas en seis clases, dependiendo de la características morfológicas y el grado de presencia de poros sobre la superficie estudiada.

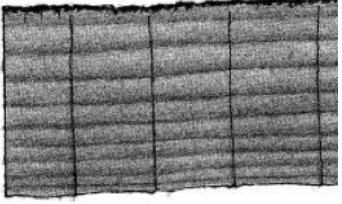
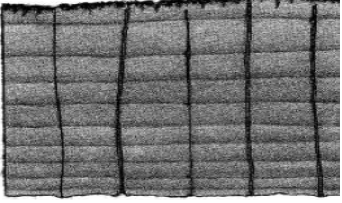
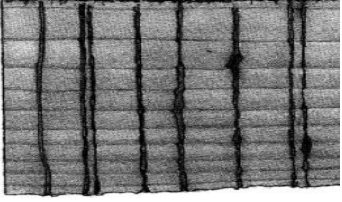
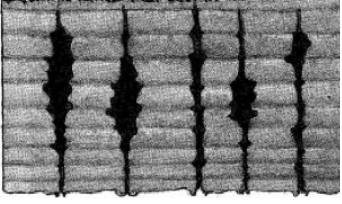
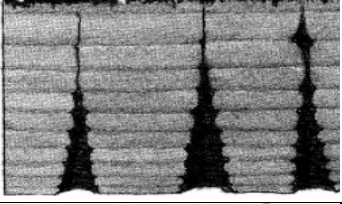
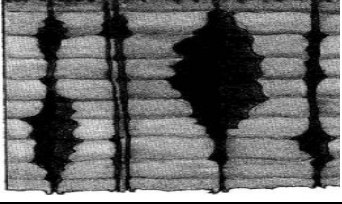
Los poros, o lenticelas, son una discontinuidad en el tejido suberoso que penalizan su calidad. Dependiendo de su morfología y frecuencia, afectarán de distinta manera.

Siguiendo la tipificación propuesta en la bibliografía (Vieira Natividade 1992; García de Ceca 2001), clasificaremos la porosidad el corcho en seis clases (A, B, C, D, E y F), atendiendo a los criterios que se explican en la Tabla 5.



Anomalía	Definición	Valor 0	Valor 1	Valor 2
<b>Ventre</b>	Irregularidades en el vientre, que dificultan su transformación y penalizan su aprovechamiento.	La línea del vientre del corte transversal es lisa.	La línea del vientre es ondulada.	La línea del vientre es rugosa.
<b>Raspa</b>	Irregularidades en la raspa, que complican su procesamiento industrial y penalizan el aprovechamiento de la pieza.	La raspa presenta un contorno suave y un espesor menor de 2 milímetros.	La raspa presenta un contorno suave, pero un espesor entre 2 y 5 milímetros.	La raspa presenta un espesor mayor de 5 milímetros, o un contorno marcadamente rugoso (aunque su espesor sea inferior a 5 milímetros).
<b>Leño vertical</b>	Las paredes de los poros se encuentran recubiertas de células lignificadas, lo que resta elasticidad al material. (También se llama <i>corcho enmaderado</i> , <i>pregento</i> en portugués o <i>corcho con clavo</i> en Andalucía)	Ausencia de leño vertical en la pieza.	Presencia de leño vertical en la pieza, pero sólo en menos de un cuarto de los poros de la sección estudiada.	Un 25% o más de los poros de la sección estudiada presentan inclusiones leñosas.
<b>Leño horizontal</b>	Presencia de inclusiones leñosas no asociadas a los poros. ( <i>Maderento</i> , en portugués)	Ausencia de leño horizontal en la pieza.	Presencia de leño horizontal en la pieza, pero no en gran número ni de gran longitud.	La suma de las longitudes de todas las inclusiones leñosas horizontales representa el 10% o más de la longitud transversal de la pieza.
<b>Exfoliación</b>	Interrupción en la actividad del felógeno. Se produce separación entre dos capas de crecimiento contiguas.	La pieza no presenta exfoliación.	Presencia de vena seca: existe interrupción entre las capas de crecimiento, pero no hay separación física entre ellas.	Presencia de exfoliación: si hay separación física entre dos capas sucesivas de crecimiento.
<b>Insectos</b>	Presencia de galerías provocadas por insectos. Principalmente la culebrilla ( <i>Coroebus undatus</i> ) y la hormiga ( <i>Crematogaster scutellaris</i> ). Penaliza la calidad de las piezas para su transformación	No hay galerías provocadas por insectos en la pieza.	La pieza presenta 1 o 2 galerías provocadas por insectos.	La pieza presenta 3 o más galerías producidas por la actividad de los insectos.
<b>Rajado</b>	Presencia de rajaduras en la parte externa de la pieza (de la raspa hacia el interior), a consecuencia del crecimiento del árbol (tensiones tangenciales).	La pieza no presenta ninguna raja de longitud vertical mayor al 10% del calibre.	Presencia de alguna raja cuya longitud se encuentra entre el 10 y el 30% del calibre.	La pieza presenta una o más rajaduras de longitud mayor al 30% del calibre.
<b>Corcho verde</b>	No hace referencia a una coloración verdosa, sino a la presencia de corcho inmaduro (células colapsadas) en las capas más próximas al vientre.	La pieza no presenta corcho verde.	Se aprecia la decoloración, pero no la flojedad o cambio de textura en la superficie.	Se aprecia flojedad patente en la zona afectada.
<b>Corcho terroso</b>	Presencia de polvo rojizo en los poros que penaliza el aspecto visual de las planchas. (Se denomina <i>pasmo</i> en Andalucía)	La pieza no presenta este defecto.	La pieza presenta material suelto, pulverulento, aunque más o menos compactado en el interior de los poros, tal que se desprende polvo al rascar con un punzón.	
<b>Mancha amarilla</b>	Consecuencia de la actividad de ciertos hongos. Revela la presencia de TCA, que transmite olores y sabores no deseados al vino (problemas de calidad).	La pieza no presenta este defecto.	La pieza presenta un área, por pequeña que sea, con tonalidades ocre o amarillentas, procedentes de la actividad fúngica (TCA).	
<b>Otras manchas</b>	Corcho marmoreado, jaspeado o con presencia de hongos: Falta de limpieza, pero no reviste problemas sanitarios. No comprometen la calidad, si no que sólo revisten importancia estética y son fáciles de eliminar	La pieza no presenta manchas.	Se aprecian manchas en una superficie menor al 10% de la sección.	Una superficie mayor del 10% de la sección está ocupada por manchas.

**Tabla 4** Valoración de anomalías

Valor	Descripción	Muestra
A	Pocos poros y muy finos.	
B	Poros finos, pero en mayor cantidad que en A.	
C	Poros algo abiertos, pero que no presentan forma dentada.	
D	Algunos poros abiertos con forma de hoja dentada.	
E	Poros con aspecto cónico (al menos 2).	
F	Corcho fofa	

**Tabla 5** Tipos de porosidad según García de Ceca (2001).

**NOTA:** El Valor\* hace referencia al nombre tradicional de cada clase, mientras que el dato de Valor es el nombre de clase empleado en este trabajo.

Al igual que en el caso de las anomalías, los operarios encargados de la toma de datos, disponían de una colección de imágenes patrón (consultables en Anexo V) como complemento a la descripción de cada tipo de porosidad.

El tipo de porosidad fue evaluado en dos ocasiones. Una primera evaluación, fue realizada poco tiempo después de haber tomado las muestras (medida de control), por un único operario formado para tal fin; y una segunda, realizada tiempo después de una manera más exhaustiva, a cargo de tres operarios, de idéntica manera a lo realizado en la segunda valoración de las anomalías de las piezas (medida inicial). La medida inicial fue la empleada para los cálculos, reservando la primera de las medidas para el contraste realizado en la búsqueda de errores durante el proceso de depuración de la matriz de datos.

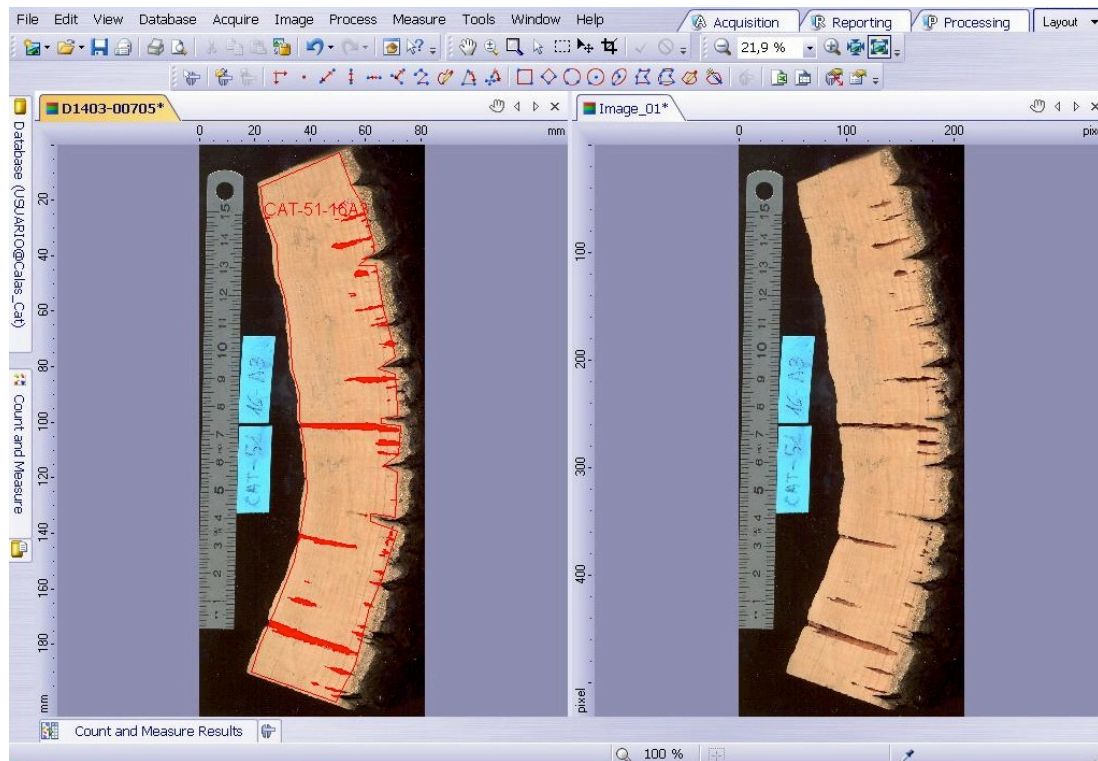
### 3.2.3.3. Medida del coeficiente de porosidad

La porosidad puede ser medida de diferentes maneras. Una primera consistiría en asimilar la cantidad, distribución y forma de los poros existentes en la sección transversal de una pieza a una categoría concreta, como se ha indicado en el epígrafe anterior. Otro, más fiable y preciso, sería mediante la medida del coeficiente de porosidad, tal y como se expone a continuación.

El coeficiente de porosidad es una variable que se define como la superficie ocupada por poros sobre la superficie total de la sección transversal de una cala de corcho, expresado en tanto por ciento.

La valoración de esta variable ha sido realizada mediante el uso del software de análisis de imagen Olympus Stream Essentials 1.8. (Figura 13). Este programa calcula la superficie total de la sección transversal de la pieza (gracias a un elemento de escala) y la superficie ocupada por poros, que detecta como aquellas áreas que presentan unas características de color, brillo y contraste que han sido establecidas tras un largo proceso de calibración y afinamiento. Asimismo, como este proceso es llevado a cabo por un operario, existe la posibilidad de que éste corrija la selección del software, añadiendo superficies ocupadas por poros que el programa no ha sido capaz de detectar, o sustrayendo a la superficie de poros algún área que ha sido erróneamente seleccionada como tal.

Este procedimiento permite, de igual manera, la obtención de otros datos de gran importancia que no pueden ser medidos mediante otros métodos de valoración de la porosidad, como son el diámetro máximo de poro, el coeficiente mórfo de cada poro o su distribución sobre la superficie. Datos que, si bien no han sido empleados en este trabajo, si fueron medidos y añadidos a la base de datos de la colección para su posible uso ulterior en investigación acerca de esta variable.



**Figura 13** Pantalla del software de análisis imagen Olympus Stream Essentials 1.8 durante la medida del coeficiente de porosidad de una sección.

#### 3.2.3.4. Superficie ocupada por defectos superior al 20% de la superficie total

Tras el proceso de validación y mejora de los modelos, detallado en los apartados 3.5. y 4.3. de este trabajo, se creó una nueva variable lógica denominada DEFECTOS>20%. Toda la información al respecto se encuentra en el Anexo III.II.

### **3.3. Depuración de los datos**

Los datos obtenidos en el apartado anterior, fueron transcritos a una hoja de cálculo de Microsoft Excel® 2011 for Mac v 14.0.0., dando lugar a una matriz de datos inicial, formada por aquellas variables de interés para la realización del trabajo y de aquellas otras que, una vez medidas, nos servían como contraste o control para la detección y corrección de posibles errores.

Los errores detectados podían atender a distintas causas. Habitualmente, se diferencia entre error sistemático, que se produce siempre en la misma dirección y magnitud y que no presente grandes dificultades en su corrección; y el error aleatorio, que no presentan un patrón fijo de comportamiento y cuya solución entraña mayor complejidad (aunque, con la ayuda de la estadística podemos conocer la magnitud o el rango de este error y tenerlo en cuenta a la hora de interpretar los resultados).

Los errores detectados en este trabajo se encuadran, a nivel general, en lo que podríamos denominar como *errores de medición* y *errores de transcripción*. Debemos tener

en cuenta que, en ambos casos, se trata de errores aleatorios, que no atienden a ningún patrón determinado. Los errores sistemáticos no son relevantes en este caso, ya que todo el instrumental empleado para la medición había sido calibrado según la normativa y el proceder que marca la buena praxis científica que lleva a cabo el laboratorio donde se han realizado dichas mediciones.

Para la detección de estos errores se recurrió en casi todos los casos a la comparación o contraste de los valores de las variables con aquellas otras medidas tomadas para control. Una vez detectados los errores, se realizó su corrección mediante el procedimiento más adecuado para cada caso que, en la mayoría de las ocasiones, pasa por la revisión de los resultados obtenidos o la repetición de la experiencia que generó dicho valor.

A continuación, se detalla cada uno de los estudios realizados para la detección de errores y el procedimiento llevado a cabo para su corrección. Asimismo, en cada apartado, se remite a los distintos epígrafes del Anexo I, donde aparecen reflejados los listados de piezas revisadas y el resultado de la depuración.

### **3.3.1. Error en la medida del calibre**

Como ya hemos comentado anteriormente, el calibre es una de las variables que revisten mayor importancia, junto con la calidad o aspecto visual, en la valoración económica de las planchas de corcho.

En este trabajo se realizaron dos medidas distintas de calibre (como ya ha sido indicado en el apartado 3.2.3.1.): una primera, realizada mediante el calibre o pie de rey en un punto medio de la probeta estimado por el operario; y una segunda, que resulta de la media aritmética de las medidas de grosor obtenidas para cada probeta mediante el uso del software de análisis de imagen Olympus Stream Essentials 1.8.

Debido a la mayor exactitud y fiabilidad de los datos obtenidos mediante el software de análisis de imagen, esta medida de calibre medio será la que empleemos en el trabajo. Si bien, al tratarse de un proceso con intervención humana no está exento de posibles errores en la realización de las mediciones o en la transcripción de los datos. Para detectar posibles errores, se realizó un contraste entre el valor medido por análisis de imagen (desde ahora, medida inicial) y el tomado mediante el uso del calibre (en adelante, medida de control).

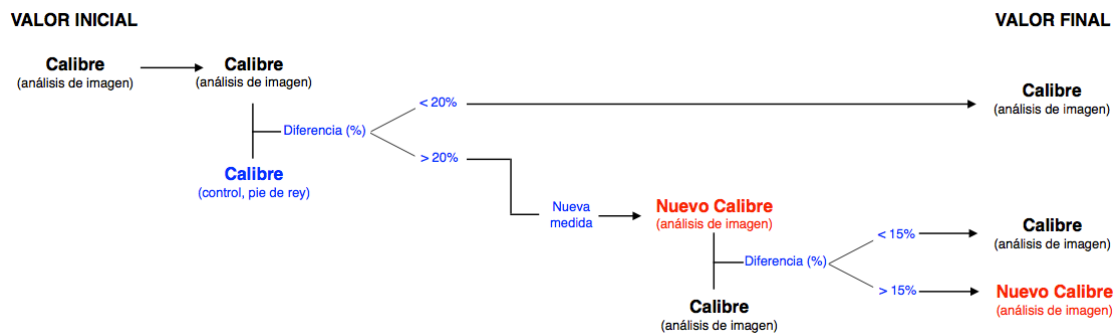
Este contraste consiste en el cálculo de la diferencia entre ambas medidas, expresada en tanto por ciento con respecto a la medida inicial. Una vez calculadas dichas diferencias, se elaboró un listado con todas aquellas piezas que superaban el 20%.

Las probetas seleccionadas se volvieron a medir mediante el software de análisis de imagen, generando un nuevo valor de calibre medio (en adelante, medida nueva), calculado como la media aritmética de las tres nuevas medidas de grosor de cada probeta.



Cuando la diferencia entre esta medida y la medida inicial no era significativa (menor del 15% con respecto a la medida inicial), podíamos afirmar que el error se encontraba en la medida de control. En este caso, conservábamos como válida la medida inicial, reforzando la consistencia al conservar los valores medidos en un mismo periodo de tiempo. Cuando la diferencia entre la medida inicial y la medida nueva era superior al 15%, la medida inicial era sustituida por la medida nueva.

El proceso realizado para la detección y corrección de errores en el calibre viene explicado gráficamente en el siguiente diagrama (Figura 14).



**Figura 14** Diagrama de flujo del proceso de detección y corrección de errores en la medida de calibre.

En el Anexo I.I. se incluye el listado de piezas revisadas por posible error en la medida de calibre, así como el resultado de su revisión.

### 3.3.2. Error en el cálculo de la densidad

A continuación, revisamos los errores que podían haberse producido en la medida y transcripción de los datos correspondientes a las densidades. Como ya se ha visto en el apartado 3.2.1. (Toma de datos), durante el tratamiento de nuestras probetas se midieron distintos parámetros que nos permitieron calcular las densidades volumétrica y superficial (ambos valores referentes a las piezas una vez hervidas) mediante dos procedimientos distintos: el método geométrico (menos exacto, y que nos servirá de medida de control) y el método de Arquímedes (basado en el Principio de Arquímedes, mucho más exacto, y que nos dará la medida inicial, que será la que, en un principio, consideremos para los cálculos de este trabajo).

Para detectar los posibles errores en ambos tipos de densidad es suficiente con realizar un único contraste (para cada probeta) entre los valores de densidad volumétrica obtenidos por cada uno de los métodos (ya que la densidad superficial se deduce de la volumétrica, multiplicando esta última por el valor de calibre, ya depurado).

Como se puede intuir, a priori, estos valores nunca coincidirán, al estar medidos por dos métodos de muy distinta exactitud; pero cabe pensar que existirá una estrecha relación entre ambas medidas. Por tanto, se decidió volver a medir la densidad volumétrica por método directo (principio de Arquímedes) de las 50 piezas cuyas diferencias en valor absoluto entre ambas medidas fueran mayores: aquellas cuyos

valores parecían indicar que alguna de las dos mediciones estaba mal realizada; pues la diferencia entre ambas excedía sobradamente el margen que es posible barajar al cambiar de método de ensayo.

En aquellas que la diferencia entre la medida anterior y la nueva (ambas por método directo) era grande, esto es, mayor de 15%, se remplazaba la medida antigua (errónea) por la nueva.

El listado de piezas y los resultados de revisión correspondientes al proceso de depuración de los valores de densidad, se pueden consultar en el Anexo I.II.

### 3.3.3. Error en la valoración de las anomalías

Como ya ha sido señalado en el apartado 3.2.3.2., fue analizada y valorada la calidad visual de todas las probetas. Para valorar este aspecto de la manera más objetiva posible, se siguió lo propuesto por García de Ceca (2001). Las probetas fueron clasificadas en dos ocasiones, obteniendo dos valoraciones: una primera, llamada medida de control, y otra tomada más concienzudamente, llamada medida inicial. Aunque, a priori, esta última medida aportara muchas más garantías de acierto, no está por ello exenta de posibles errores de clasificación o de transcripción.

Con el objetivo de detectar los errores y proceder a su corrección se compararon los valores obtenidos en las dos mediciones realizadas. Dependiendo del grado de discrepancia existente, se asignó a cada binomio de medidas un tipo de diferencia, basado en el número de saltos entre las medidas (cuántas clases – valores categóricos – separan las dos medidas realizadas), de la forma que viene recogida en la Tabla 6.

Tipo	Número de saltos	Valor inicial	Valor final	Descripción
a	1	1	2	Anomalía clasificada en un primer momento como presencia leve pasa a estar clasificada como presencia grave.
		2	1	Anomalía clasificada en un primer momento como presencia grave pasa a estar clasificada como presencia leve.
b	1	0	1	Anomalía clasificada en un primer momento como ausente pasa a estar clasificada como presencia leve.
		1	0	Anomalía clasificada en un primer momento como presencia leve pasa a estar clasificada como ausente.
c	2	0	2	Anomalía clasificada en un primer momento como ausente pasa a estar clasificada como presencia grave.
		2	0	Anomalía clasificada en un primer momento como presencia grave pasa a estar clasificada como ausente.

**Tabla 6** Tipos de salto en la valoración de anomalías.



Cuando ambas medidas coincidían, conservábamos el valor calculado. Si la diferencia era pequeña, esto es, existía un solo salto entre los datos a comparar (errores tipo a y b), se toleraba la discrepancia entre ambos valores, tomando la medida inicial como valor para los cálculos. Si la diferencia entre ambas medidas era mayor, esto es, perteneciente al tipo c (2 saltos), se valoraba de nuevo la anomalía, con la mayor precisión posible, tomando este último dato como medida para los cálculos.

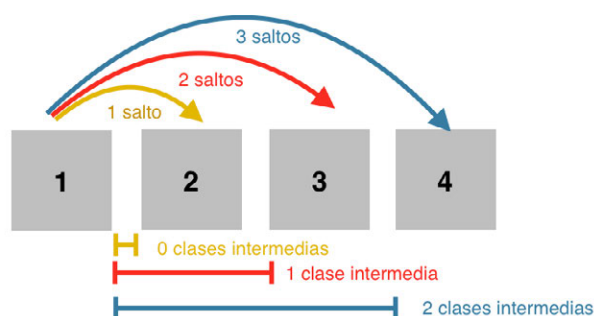
Para la corrección de los posibles errores detectados, se ha formado un listado con todas las piezas que presentan en alguna de sus anomalías una discrepancia de tipo c, marcando, en cada caso, en qué anomalía se da dicha discrepancia. Asociado a este listado, se genera un estadillo para tomar nota del nuevo valor, resultado de la nueva observación realizada sobre la anomalía y probeta que presente este tipo de error. Podemos encontrar el listado y el resultado de la revisión en el Anexo I.III.

### 3.3.4. Error en la asignación del tipo de porosidad

La porosidad es una de las variables más singulares para la valoración del aspecto visual y, por ende, de la calidad de las planchas de corcho. Como ya hemos comentado con anterioridad, para la valoración del tipo de porosidad hemos tomado las clases propuestas por García de Ceca (2001). Por tanto, en este trabajo, cada pieza podrá tomar uno de los 6 valores posibles (A, B, C, D, E y F).

Este parámetro fue evaluado en dos ocasiones dando, en este orden, los valores de medida de control y medida inicial.

Aunque la medida inicial presenta una alta fiabilidad, como todo proceso con intervención humana, pueden existir ciertos errores. Con el fin de detectar y corregir los errores que pudieran surgir, se ha llevado a cabo un contraste entre las dos valoraciones realizadas. Como la coincidencia exacta entre dos medidas realizadas en distintos momentos y con diferentes niveles de exactitud es complicada, se ha decidido revisar solamente aquellas piezas en las que la diferencia entre ambas valoraciones fuera muy notable. Por consiguiente, se ha elaborado un listado (incluido junto a los resultados en el Anexo I.IV.) con aquellas piezas que presentan tres o más saltos entre ambas medidas; esto es, aquellas en las que entre la medida de control y la medida inicial, o viceversa, existen dos o más clases intermedias. La Figura 15 explica esquemáticamente esto.



**Figura 15** Diagrama explicativo del concepto *salto* en el contraste de valoraciones.

Aquellas piezas que podían contener un error de medida fueron revisadas, valorando de nuevo su tipo de porosidad. El resto, tomaron el valor más fiable, es decir, el correspondiente a la medida inicial. Es importante destacar que algunos tipos de porosidad fueron corregidos al detectarse error sobre los mismos en la búsqueda y corrección de errores en el coeficiente de porosidad (explicado en el siguiente epígrafe)

### 3.3.5. Error en la medida del coeficiente de porosidad

Utilizando métodos basados en el análisis de imagen, es relativamente sencillo obtener con exactitud el valor del coeficiente de porosidad de la sección transversal de la probeta, siempre que se disponga de los medios adecuados. Este coeficiente, que recibe el nombre abreviado de CP, hace referencia al tanto por ciento del área total que es ocupada por los poros, y nos permite realizar cálculos a partir de un parámetro objetivo, que cae fuera de una valoración personal o subjetiva.

A diferencia de lo realizado para la detección de errores en la medida del calibre y en la valoración de anomalías y del tipo de porosidad, en el caso del coeficiente de porosidad, éste fue medido en una única ocasión, por lo que sólo se posee un valor de CP para cada pieza.

También es cierto que, aunque sólo dispongamos de una medida de CP por pieza, conocemos otros parámetros para cada probeta, como son el tipo de porosidad o la calidad visual de la pieza valorada por un operario experto, que guardan estrecha relación con el parámetro que estamos analizando. Así que, si bien no podremos realizar un contraste al uso entre dos medidas de un mismo parámetro, si podremos detectar posibles errores en la medida del CP si éste no guarda la relación que cabría esperar con el tipo de porosidad o la calidad visual de la pieza.

De esta manera, se elaboró un listado (que, junto con el resultado de su depuración, puede ser consultado en el Anexo I.V.) con todas aquellas piezas que:

- presentaran CP muy altos ( $CP_i > 1,2 \cdot \overline{CP}$ ) para los mejores tipos de porosidad (A y B).
- Presentaran CP muy bajos ( $CP_i < \overline{CP}$ ) para los peores tipos de porosidad (E y F).
- Presentaran CP muy altos ( $CP_i > \overline{CP}$ ) para altas calidades visuales (1ª, 2ª y 3ª)
- Presentaran CP muy bajos ( $CP_i < \overline{CP}$ ) para bajas calidades visuales (6ª y 7ª y refugo); aunque este último aparatado no reviste tanta importancia, debido a que la pérdida de calidad se puede deber a otros factores que hagan perder valor a la pieza independientemente de la porosidad que presentara (mancha amarilla, galerías de insectos, ...)

Una vez localizadas las piezas que cumplían dichos requisitos (un total de 57 piezas) se paso a la revisión individual de cada una de ellas. Para ello, se consultó la

imagen resultado del análisis (imagen de la pieza escaneada y con los poros medidos señalados).

Al observarla, se pudo juzgar si se trataba de un error en el tipo de porosidad asignado – en tal caso, se sustituía el valor anterior por el corregido –, si se trataba de un error en el cálculo del CP por análisis de imagen – en este caso, se volvía a realizar el análisis, sustituyendo el valor erróneo por el nuevo resultado –, o si, simplemente, se trataba de una situación límite – excepcional – en la que un CP correspondía sin error alguno con un tipo de porosidad o una calidad visual distinta de las que cabría esperar. Esto último, se justifica por la heterogeneidad de las piezas de cualquier material natural, como es el corcho, y del gran número de variables que entran en juego a la hora de valorar la calidad de una plancha.

### 3.4. Análisis estadístico

Tras haber depurado la matriz de datos de la muestra, se han llevado a cabo los análisis estadísticos necesarios. Estos se concretan en un análisis preliminar, un estudio de anomalías, un análisis descriptivo general y un análisis de la varianza.

En dichos análisis se han considerado de forma diferenciada las variables continuas (calibre, coeficiente de porosidad, densidad volumétrica y densidad superficial) de aquellas otras categóricas (calidad visual, tipo de porosidad y grado de incidencia de cada una de las anomalías).

Para todo ello, ha sido utilizado el software de análisis estadístico Statgraphics® Centurion XV.II.

#### 3.4.1. Análisis preliminar y estudio de anomalías

Previo a la realización de los análisis pertinentes, se ha llevado a cabo un análisis preliminar. El objetivo de esta primera toma de contacto es comprobar la bondad de los datos y descartar la existencia de valores incorrectos, que pudieran distorsionar la realidad de la muestra.

Para ello, se han repasado los primeros resultados obtenidos, prestando especial atención a la presencia de valores atípicos o *outliers*: aquellos que se encuentran lo suficientemente alejados del resto como para sospechar que pueda tratarse de datos erróneos.

Quedan catalogados, para cada variable continua, como *outliers* todos aquellos valores que presentan una diferencia con respecto a la media de la muestra de 3 o más veces las desviación típica.

Después de haber detectado estos valores atípicos, se ha pasado a la revisión, una a una, de las probetas afectadas. Se ha determinado en qué casos estos valores se correspondían con medidas erróneas y en cuáles se trataba de valores singulares pero correctos. Todos aquellos errores detectados han sido subsanados, sustituyéndolos el dato erróneo por su valor real.

### 3.4.2. Análisis descriptivo

Una vez terminado el análisis preliminar, y hechas las correcciones necesarias, se ha pasado a realizar el análisis descriptivo. El objetivo de este análisis es alcanzar un conocimiento mayor de la muestra y obtener una visión general de la misma.

Las **variables continuas** han sido caracterizados estadísticamente a través de los siguientes parámetros (o estadísticos):

- Tamaño de la muestra  **$n$** : número de elementos en los que se ha medido la variable estudiada.
- Media muestral  **$\bar{x}$** : valor promedio de los valores obtenidos para una variable.
- Mediana  **$M_e$** : es el valor central para una variable, esto es, el que es mayor que la mitad de los valores obtenidos en la muestra e inferior a la otra mitad. Para casos con número par de muestras, como es este, hallamos la mediana por interpolación de los percentiles más próximos (por exceso y por defecto) al 50%.
- Desviación estándar  **$S$** : es la medida de dispersión de los valores de una variable con respecto a la media.
- Coeficiente de variación  **$CV$** : su fórmula expresa la desviación estándar como porcentaje de la media, mostrando una mejor interpretación porcentual del grado de variabilidad que la desviación estándar; esto es, muestra la homogeneidad o heterogeneidad de la muestra.
- Mínimo  **$min$** : es el valor mínimo de la muestra para una variable.
- Máximo  **$max$** : es el valor máximo de la muestra para una variable.
- **Rango**: expresa la diferencia entre el valor menor – mínimo – y el valor mayor – máximo – de la muestra para una variable. Indica la separación máxima existente entre los valores medidos para dicha variable.
- **Sesgo estandarizado**: valor indicativo de la normalidad en la distribución cuando se encuentra en el rango comprendido entre -2 y 2.
- **Curtosis estandarizada**: valor indicativo de la normalidad en la distribución cuando se encuentra en el rango comprendido entre -2 y 2.

En el apartado de las salidas gráficas, se presenta el histograma, que nos muestra la distribución de cada variable, mediante la representación de la frecuencia de aparición en intervalos de idéntica amplitud. Asimismo, incluidos en el Anexo II.IV. se encuentran los diagramas de cajas y bigotes para cada variable que nos ayudan a interpretar los resultados, aportando una visión simplificada de los principales estadísticos (media,

desviación estándar, valores máximo y mínimo y rango) y permitiendo la comparación entre los resultados existentes en cada finca para una misma variable.

Para el caso de las **variables categóricas**, se presenta un análisis sencillo. El análisis realizado y la presentación de los resultados ha sido adaptado a cada una de las variables, distintas entre sí, atendiendo a sus características.

Para las **anomalías**, se elabora una tabla de frecuencias (absolutas y relativas), que muestra el número de ocasiones que aparece cada anomalía en toda la muestra y con qué intensidad – o grado de presencia – lo hace (0, 1 ó 2). Junto a esta tabla, se ofrece un diagrama de barras, como apoyo para la interpretación de los datos.

Para los **tipos de porosidad** se presenta una tabla de frecuencias (absolutas y relativas) donde toda la muestra queda dividida entre los seis tipos de porosidad existente. La tabla viene acompañada por un diagrama de barras, como representación gráfica de dichos resultados.

Por último, la **calidad visual**, queda representada de dos maneras distintas. En primer lugar, mediante tabla de frecuencias y diagrama de barras, se presenta la muestra separada en las 7 categorías existentes. Más adelante, separada en las tres categorías comerciales, queda descrita mediante tabla de frecuencias y diagrama circular.

### 3.4.3. Análisis de la varianza

El objetivo de este análisis es comprobar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores medios de cada una de las variables analizadas que puedan deberse al hecho de proceder de distintas fincas o si, por el contrario, pueden ser considerados como procedentes de una misma población. Se trata, por tanto, de una generalización de la *prueba T para dos muestras independientes* para el caso de diseños con más de dos muestras.

Este tipo de análisis está diseñado para el estudio de una variable continua en función de una o varias variables categóricas, que dividen la muestra en varios grupos y reciben el nombre de factores. En nuestro caso se analizan separadamente cada una de las variables continuas anteriormente descritas y se considera un único factor: la parcela de procedencia de las probetas. Asimismo, estos análisis son realizados a un nivel de confianza del 95% (lo que se traduce en un nivel de significación  $\alpha = 0,05$ ).

El procedimiento más habitual para llevar a cabo esta misión es la realización de un análisis de la varianza (ANOVA), desarrollado por Fisher en 1925. Para que los resultados del ANOVA sean válidos, los datos a analizar deben cumplir las siguientes condiciones.

1. El conjunto de las observaciones de la variable respuesta deben ser independientes entre si.

2. La distribución de la variable respuesta debe ser normal para cada valor de la variable explicativa (sea discreta o continua).
3. Debe existir homocedasticidad en la muestra (la varianza de la distribución de la variable respuesta debe mantenerse constante en todo el rango de observaciones de la variable explicativa).

Nuestra muestra, como quedó patente en los análisis anteriores, no cumple todos estos requisitos. La independencia de la observaciones queda probada, pero ninguna de las variables se adapta estrictamente a una distribución normal, incumpliendo la segunda condición.

Para comprobar la homogeneidad de las varianzas de los grupos (homocedasticidad), se realiza el test de Levene. El resultado es negativo para todas las variables, excepto para la densidad superficial (ver Anexo II.I.). Esto nos indica que existe heterocedasticidad para calibre, coeficiente de porosidad y densidad volumétrica; esto es, que las varianzas no son homogéneas. Sin embargo, para la densidad superficial, obtenemos un resultado positivo que prueba la homocedasticidad de la muestra para esta variable.

Nuestra muestra incumple, por tanto, para tres de nuestras cuatro variables continuas, también, la tercera condición necesaria para poder realizar un ANOVA.

Debido a ello, no podremos realizar el análisis de diferencias significativas mediante un ANOVA. Para el análisis de las muestras que no cumplen las condiciones anteriormente descritas, existen otra serie de test análogos. En el presente análisis, se decidió utilizar el test de Kruskal-Wallis.

La prueba de Kruskal-Wallis es una prueba no paramétrica que se basa en el contraste de las medianas (en el ANOVA se toman las medias) dentro de cada uno de los grupos en los que se divide la muestra (factor) y entre todos los grupos que la componen.

Es, probablemente, el método más adecuado para comparar poblaciones cuyas distribuciones no son normales o que presentan una diferencia significativa entre las varianzas de cada uno de los grupos. Para su correcta ejecución sí debe quedar probada la independencia de las observaciones. Es, por tanto, un método que se ajusta muy bien a las particularidades de nuestra muestra y a los objetivos que se persiguen en este análisis.

Es la prueba de Kruskal-Wallis un test o contraste de hipótesis entre:

- $H_0$  (hipótesis nula): No existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de los grupos. Todas las observaciones provienen de una misma población.
- $H_1$  (hipótesis alternativa): Existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de los grupos. Las observaciones provienen al menos de dos poblaciones distintas.

Dependiendo de si el valor arrojado por la prueba-P es mayor o menor que el nivel de significación, podemos aceptar o rechazar la hipótesis nula a un determinado nivel de confianza. Si la rechazamos, estaremos aceptando, por tanto, el enunciado de la hipótesis alternativa.

### 3.5. Validación y mejora de modelos

Una vez completado todo el proceso de toma y depuración de los datos se obtuvo una matriz definitiva de datos para la muestra, que engloba los valores de las variables para las 772 calas de corcho que se emplearon en el estudio.

Estas variables son las siguientes: Identificador, Caja de Almacenamiento (1-40), Número de finca, Número de árbol (A-E), Número de muestra (1-11), Orientación (N/S), Altura de extracción (cm), Calidad Visual (1<sup>a</sup>-7<sup>a</sup> y refugo), Calibre Medio (mm), Coeficiente de porosidad (%), Defectos > 20% (Sí/No), Vientre (0-1-2), Raspa (0-1-2), Leño horizontal (0-1-2), Leño vertical (0-1-2), Exfoliación (0-1-2), Insectos (0-1-2), Rajado (0-1-2), Verde (0-1-2), Terroso (0-1), Mancha amarilla (0-1), Otras manchas (0-1-2), Tipo de porosidad (A-F), Densidad volumétrica (kg/m<sup>3</sup>) y Densidad Superficial (kg/m<sup>2</sup>).

Con esta matriz de datos definitiva se pasó a validar los modelos propuestos por García de Ceca (2001). Estos modelos que, como ya se ha explicado anteriormente, clasifican cada pieza en una de las dos categorías o clases de calidad posibles: 1<sup>a</sup>-7<sup>a</sup> (por tanto, taponable) o refugo, fueron obtenidos mediante regresiones policotómicas.

En su trabajo, García de Ceca (2001) valoró el uso de otros medios alternativos para la clasificación de planchas de corcho en clases de calidad a partir de sus anomalías, como las redes neuronales artificiales (RNA), decantándose finalmente por la estadística clásica al presentar ésta mejores resultados y la posibilidad de conocer el proceso intermedio, punto no posible en el caso de las RNA.

Los modelos de García de Ceca (2001), que aparecen a continuación, presentan una función con un determinado número de variables. Esta función da lugar a un valor para la variable  $\text{logit}(Y)$ , variable a partir de la cual podemos obtener las probabilidades  $PR(Y=x)$  (sobre 1) de que la pieza se encuentre en cada una de las clases ( $x=0$  ó  $1$ , refugo o taponable, respectivamente).

Existen dos modelos: *2TC* y *2TR*. El primero, es el modelo completo (de allí, la C) que incluye la variable coeficiente de porosidad, que sólo se puede calcular con los medios técnicos necesarios (imagen digital de la sección transversal y software de análisis de imagen). Ante el gran número de casos en los que estos medios no están disponibles para el usuario, se plantea el modelo reducido o *2TR*, que no emplea la variable coeficiente de porosidad, infiriéndola de otras variables.



**Modelo 2TC (completo)**

$$\begin{aligned} \text{logit}(Y = 1)_{2TC} = & -0.02926*RAJA1 - 1.046*RAJA2 - 1.34*EXFO1 - 0.1562*EXFO2 - \\ & 1.051*INSEC1 - 1.69*INSEC2 - 1.153*RASPA1 - 0.733*RASPA2 \\ & + 2.867*PT1 + 1.675*PT2 + 1.031*PT3 + 1.445*PT4 - 0.9243*PT5 - 0.371*CP + 5.773 \end{aligned}$$

$$\Pr(Y = 1)_{2TC} = \frac{e^{\text{logit}(Y=1)_{2TC}}}{1 + e^{\text{logit}(Y=1)_{2TC}}}$$

$$\Pr(Y = 0)_{2TC} = 1 - \Pr(Y = 1)_{2TC}$$

**Modelo 2TR (reducido)**

$$\begin{aligned} \text{logit}(Y = 1)_{2TR} = & -0.416*VIENTRE1 - 0.9796*VIENTRE2 + 0.06187*RAJA1 \\ & - 1.039*RAJA2 - 0.8492*EXFO1 - 1.698*EXFO2 - 0.5815*INSEC1 - \\ & 1.828*INSEC2 - 0.768*RASPA1 - 0.9855*RASPA2 + 1.345*PT1 + 0.4466*PT2 - \\ & 0.797*PT3 - 0.3943*PT4 - 3.606*PT5 + 3.936 \end{aligned}$$

$$\Pr(Y = 1)_{2TR} = \frac{e^{\text{logit}(Y=1)_{2TR}}}{1 + e^{\text{logit}(Y=1)_{2TR}}}$$

$$\Pr(Y = 0)_{2TR} = 1 - \Pr(Y = 1)_{2TR}$$

Una vez, ejecutados los modelos y realizada la clasificación de todas las piezas, se paso a estudiar detalladamente los resultados obtenidos, comparándolos con los valores de calidad asignados por el clasificador cualificado consultado.

A través de la observación de los resultados obtenidos, se pretendía llegar a conclusiones que ayudaran a mejorar el funcionamiento de los modelos. Para ello, se prestó atención a aquellas probetas cuya clasificación por medio del modelo difería con la calidad asignada por el escogedor (uno clasificaba como refugo y el otro como 1ª-7ª). Se mostró especial atención a estas discrepancias cuando:

- La discrepancia entre la calidad asignada por el escogedor difería mucho con la otorgada por el modelo. Esto es, se consideraron como de mayor gravedad aquellos casos en los que una pieza de las primeras calidades para el escogedor (1ª a 5ª) era clasificada como refugo por el modelo, o viceversa, ya que la diferencia entre una cala de calidad 6ª o 7ª y una de refugo no es tan grande, y el error, por tanto, puede ser admisible.
- Aquellas piezas en las que existía discrepancia entre ambas clasificaciones, y el modelo asignaba la probeta en una calidad distinta a la del escogedor (que tomamos por correcta) con una probabilidad ( $\Pr(Y=x)$ ) muy alta. Esto es, será

siempre menos grave que el modelo clasifique una pieza en la categoría contraria al escogedor con una probabilidad poco superior al 50% (no lo hace de una manera clara) a que lo haga con más de un 90%.

Se tomaron las probetas que entraban dentro del primero de estos dos grupos de especial seguimiento. Se hicieron comprobaciones mediante el uso de filtros para ver si existía algún factor común en las piezas en las que se había detectado discrepancias. Tras un sencillo análisis preliminar consistente en la identificación *de visu* de estas tendencias, se paso a estudiar más detalladamente algunos grupos de probetas que cumplieran ciertas características.

Para llevar a cabo este proceso de revisión del segundo grupo de una manera más ordenada, se sistematizaron las discrepancias, otorgando a cada una clase y sentido, según lo indicado en la Tabla 7.

Clase	Sentido	Situación
I	M	Una pieza clasificada por el escogedor como refugo resulta taponable según el modelo con una probabilidad mayor del 80%.
	P	Una pieza clasificada por el escogedor como taponable resulta refugo según el modelo con una probabilidad mayor del 80%.
II	M	Una pieza clasificada por el escogedor como refugo resulta taponable según el modelo con una probabilidad entre el 60% y el 80%.
	P	Una pieza clasificada por el escogedor como taponable resulta refugo según el modelo con una probabilidad entre el 60% y el 80%.
III	M	Una pieza clasificada por el escogedor como refugo resulta taponable según el modelo con una probabilidad menor del 60%.
	P	Una pieza clasificada por el escogedor como taponable resulta refugo según el modelo con una probabilidad menor del 60%.

**Tabla 7** Descripción de clases y sentidos para discrepancias en la validación.

Se elaboraron listados de piezas por clase y sentido de las discrepancias para la revisión y propuestas de mejora de los modelos (disponibles en el Anexo III.I.). Posteriormente, fueron revisadas una a una aquellas discrepancias de mayor gravedad (las pertenecientes a la clase I) para verificar si se trataban de clasificaciones erróneas del modelo o de errores en la clasificación del escogedor o en la transcripción de datos.

En último lugar, se pasó a realizar una mejora de modelos atendiendo a una triple finalidad:

- Actualizar los modelos, integrando en ellos prácticas industriales (en especial, lo descrito en el Código de Buenas Prácticas en la Industria Taponera y Systecode), que no eran tan comunes en el momento de elaboración de los modelos base y que, por tanto, no fueron implementados.
- Introducir criterios comerciales en la clasificación de la calidad de las probetas.
- Mejorar los resultados, implementando las conclusiones alcanzadas en el estudio de las discrepancias.

Los resultados de este proceso de mejora dieron lugar a dos modelos modificados: 2TCV2 y 2TRV2, que se encuentran explicados detalladamente en el apartado de Resultados y cuya eficacia fue comprobada corriendo los nuevos modelos sobre la muestra, obteniendo sus porcentajes de acierto.

### **3.6. Desarrollo de la aplicación informática y el manual de usuario**

Una vez validados los modelos, e implementadas las correcciones y mejoras pertinentes, comenzamos a trabajar en el último de los objetivos de este proyecto. Esta etapa pretendía el desarrollo de una aplicación informática que permitiera ejecutar, de forma sencilla, los modelos anteriormente planteados. Conjuntamente a la aplicación, debíamos desarrollar un procedimiento de uso a modo de manual de usuario; de manera que un potencial usuario de la aplicación pudiera llegar a la clasificación de una o varias calas de corcho siguiendo los pasos indicados en él.

El público objetivo de este conjunto aplicación-procedimiento era en primer lugar el colectivo formado por los propietarios y gestores de fincas productoras de corcho. Estos podrían, de esta manera, obtener de forma rápida y fiable el porcentaje de corcho taponable y de refugio presente en sus fincas para la campaña, mediante los resultados obtenidos al clasificar, mediante estos modelos, una muestra compuesta por un pequeño grupo de calas.

De igual manera, se valoraron como posibles usuarios a aquellas personas que realizan estudios en el campo de los productos forestales (uso docente) o cualquier otra persona interesada en el mundo del corcho.

Buscábamos una aplicación de manejo sencillo, gran usabilidad, y que pudiera presentarse accesible de una manera rápida y cómoda a través, por ejemplo, de una página web.

Fueron valoradas distintas posibilidades en cuanto al lenguaje empleado para su programación (Java, php, ...) decantándonos finalmente por el uso de Visual Basic® for Applications, en adelante VBA, y de una manera más concreta por el desarrollo de unos sencillos macros que corrieran sobre Microsoft Excel®, cuyo uso se encuentra muy extendido en todos los ambientes académicos, profesionales y particulares.

De esta manera, a través de un archivo muy ligero (pocos kilobytes), fácilmente hospedable y descargable desde cualquier espacio web, accederíamos a una hoja de cálculo de Microsoft Excel®, con la que la mayor parte de los usuarios estarán familiarizados. En ella, debían figurar los campos a rellenar con las variables necesarias. Y la posibilidad de ejecutar, mediante un macro, la clasificación empleando estos modelos.



Al no existir un protocolo o norma que regule como han de ser medidas las distintas variables y anomalías del corcho, hubo que desarrollar un protocolo de uso o manual de usuario, en el que se indicara de manera clara y detallado cuáles son los criterios a tener en cuenta a la hora de valorar cada variable (que han sido desarrollados en este trabajo).

Contando con estas dos herramientas, el usuario podría realizar la clasificación de las piezas: valorando las variables de acuerdo con lo indicado en el manual, introduciendo los datos en la hoja de cálculo y ejecutando el programa, obtendría los resultados correspondientes a la clasificación de las calas y a la proporción taponable/refugio de la muestra analizada.

## 4. Resultados y discusión

### 4.1. Depuración de los datos

El primero de los procesos desarrollados en este trabajo es el correspondiente a la depuración de los datos, a la búsqueda y corrección de valores erróneos con el fin de asegurar la veracidad de los datos de la colección, tal y como viene descrito en el epígrafe 3.3.

En la Tabla 8, aparecen los resultados del proceso de depuración para cada variable. En los distintos apartados del Anexo I, se pueden consultar el listado y los resultados completos de este proceso.

Variable	N.º de discrepancias detectadas	N.º de probetas con valor correcto	N.º de probetas con valor erróneo
Calibre	40	38	2
Densidad volumétrica	50	44	6
Anomalías	62*	31	31
Tipo de porosidad	28	13	15
Coefficiente de porosidad	54	19	35**
<b>Total</b>	234	145	89

**Tabla 8** Resultados del proceso de depuración por variables.

\* Se estudiaron 57 probetas, algunas de las cuales presentaban más de una discrepancia a analizar.

\*\* De los 35 errores en la depuración del coeficiente de porosidad, 30 se debían a errores en el tipo de porosidad asignado, 4 a la medida del coeficiente de porosidad y 1 presentaba error en ambos valores.

A la vista de los resultados obtenidos, podemos afirmar que el proceso de toma de datos había sido realizado de manera aceptable. En casi todos los casos, los valores estudiados, sospechosos de ser erróneos, se mostraban correctos. Sólo en el caso de la depuración del coeficiente de porosidad se alcanzó un número elevado de valores a corregir, muchos de ellos causados por tipos de porosidad asignados erróneamente, que no parecían compatibles con los valores de coeficiente de porosidad obtenidos por análisis de imagen.

En el caso del calibre, es fácil comprender que muchos de los valores estudiados resultaran correctos a la vista de que una única medida (control) de calibre en una pieza de material tan irregular como el corcho mostrara, a veces, diferencias significativas con el valor obtenido como promedio de tres medidas por pieza.

Sin embargo, este hecho podría ser ampliamente discutido. Si consideramos una pieza en la que obtenemos un calibre más reducido mediante la medida puntual del calibre medio a criterio del operario, por mucho que en otras zonas de la pieza el calibre sea mayor, y por tanto, eleven el valor promedio, este estrechamiento de la plancha puede penalizar la clase de toda la pieza, siempre y cuando se presente en una longitud suficiente

como para que el recortado de la sección estrecha no resulte interesante. Así, una pieza con un calibre insuficiente en una amplia zona, sería clasificada como refugo por su falta de aptitud para la fabricación de tapones, pese a presentar zona más anchas y taponables.

En aquellos casos, mayoritarios, en los que el valor de densidad era el correcto, la inclusión de la pieza en el listado de revisables pudo deberse, principalmente, a uno de los dos siguientes motivos: a la falta de exactitud del método geométrico en el cálculo de volumen de probetas con formas irregulares (por ejemplo, con gran curvatura) o a los errores producidos durante el proceso de obtención y transcripción de dichos valores.

Para la valoración de anomalías, han sido detectados como erróneos (y corregidos) el mismo número de casos que de valores correctos. Donde encontramos un mayor número de errores es en la medida de la porosidad, uno de los aspectos más importantes a la hora de clasificar las planchas de corcho. Existe un gran número de correcciones para el tipo de porosidad asignado, tanta en la depuración de dicha variable, como en la del coeficiente de porosidad donde muchas de las piezas analizadas por su falta de correspondencia entre los valores de CP y TP, debieron su inclusión a errores en la valoración de este último y no a fallos en la medida de aquel.

## 4.2. Análisis estadístico

### 4.2.1. Análisis preliminar

El resultado obtenido del análisis preliminar es el conjunto de piezas que presentan valores atípicos (*outliers*) para cada una de las variables analizadas. Estas probetas, con posibles valores erróneos, fueron revisadas y, en su caso, corregidas. A continuación, se muestran un resumen de los *outliers* detectados para cada variable y el resultado de su revisión.

Variable	N.º de <i>outliers</i> detectados	N.º de <i>outliers</i> erróneos (corregidos)
Calibre	0	0
Coef. de porosidad	5	0
Densidad volumétrica	5	0
Densidad superficial	5	0
TOTAL	15	0

**Tabla 9** Resumen de resultados del análisis preliminar (detección de *outliers*).

Como se puede observar en la Tabla 9, se detectaron un total de 15 valores atípicos, de los cuales, una vez revisados, ninguno fue modificado. En todos los casos, se trataba de piezas con valores muy alejados de los habituales, pero aun así correctos. Esto no es demasiado sorprendente si tenemos en cuenta que estamos estudiando un material muy heterogéneo y variable.

Se puede consultar la lista completa de los *outliers* detectados y el resultado individual de su revisión en el Anexo II.II.

## 4.2.2. Análisis descriptivo

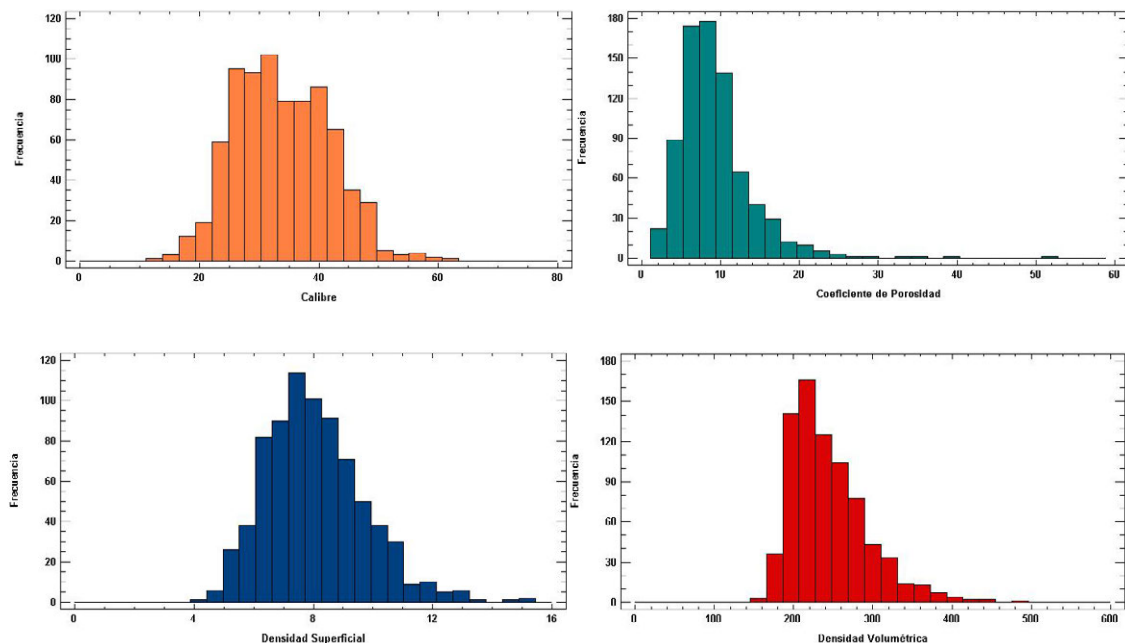
### 4.2.2.1. Para variables continuas

En la Tabla 10, podemos observar un resumen de los valores obtenidos en el análisis descriptivo de las variables continuas. Los análisis completos pueden ser consultados en el Anexo II.III.

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra $n$	772	772	772	772
Media muestral $\bar{x}$	33,8766	9,2390	244,1940	8,0656
Mediana $M_e$	33,2117	8,3993	233,7710	7,8953
Desviación estándar $S$	7,9248	4,6870	48,5843	1,6652
Coefficiente de variación $CV$	23,2931%	50,7307%	19,8958%	20,6453%
Mínimo $min$	13,2433	1,9708	144,8330	4,1626
Máximo $max$	61,7900	51,7859	490,3700	15,4109
Rango $R$	48,5467	49,8152	345,5370	11,2484
Sesgo estandarizado	3,5279	27,3041	13,7742	7,8956
Curtosis estandarizada	-0,9529	72,8464	11,1173	5,1104

**Tabla 10** Resumen de resultados del análisis descriptivo de variables continuas.

También se muestran a continuación los histogramas correspondientes a cada una de las variables (Figura 16), que nos ayudan a conocer la distribución de los valores de la muestra.



**Figura 16** Distribución de frecuencias para las variables Calibre (naranja), Coeficiente de Porosidad (verde), Densidad Superficial (azul) y Densidad Volumétrica (rojo).



Como podemos observar, en la Tabla 10, todas las variables han sido medidas para las 772 probetas que componen la muestra. Las medias obtenidas se encuentran, para todos los casos, dentro del rango que cabe esperar para planchas de corcho de procedencia ibérica.

Si nos fijamos en los datos obtenidos para el **calibre**, podemos observar que existe un amplio rango, ya que los valores mínimo y máximo se encuentran muy alejados. Asimismo, muestra un coeficiente de variación medio-alto. Ambos resultados son lógicos si se tiene en cuenta que se trabaja con un material natural muy heterogéneo.

Si comparamos estos datos con los aportados por el *Plan de Calas* del IPROCOR en su campaña de 2012 (IPROCOR 2013), último estudio disponible, podemos observar que nuestra muestra presenta un calibre medio superior y un rango más reducido. Es oportuno recordar que nuestra muestra contiene calas procedentes de diferentes puntos de la península tomadas años atrás, por lo que la comparación con los resultados del Plan de Calas de IPROCOR sólo tiene un significado orientativo.

Asimismo, si comparamos nuestros resultados con los obtenidos por González Adrados et al. (2005a), acerca de la variabilidad de los factores de calidad de las planchas de corcho, podemos observar unos valores ligeramente inferiores de lo esperado para una muestra que presenta un alto porcentaje de corcho taponable. Sobre el valor de referencia de  $37,0 \pm 9$  mm de calibre, la media se encuentra por debajo del promedio pero aún alejada del límite inferior.

En el caso del **coeficiente de porosidad** ocurre algo similar a lo descrito para el calibre en cuanto a la amplitud del rango, aunque en este caso si trabajamos además con un coeficiente de variabilidad muy elevado (mayor del 50%), que nos muestra una gran heterogeneidad en la muestra para esta variable. Presenta un resultado cercano (ligeramente inferior) al valor medio aportado por la bibliografía (González Adrados et al. 2005a), que se sitúa en  $10,1 \pm 3,8$  %, lo cual es acorde a cierta superioridad en la calidad de la muestra respecto de los valores promedios para el corcho en España.

Para las variables de **densidad** (volumétrica y superficial) se obtienen unos valores muy similares entre sí (en términos relativos) con un coeficiente de variación moderado, en el entorno del 20%. Si comparamos estos resultados con los presentados por González Hernández et al. (2000), obtenemos para la densidad volumétrica un valor claramente superior a los promedios presentados en la bibliografía, que se sitúan en el entorno de los  $210 \text{ Kg/m}^3$  para el corcho hervido. Esto puede deberse a la presencia en nuestra muestra de probetas de procedencia catalana (minoritaria a nivel peninsular), que al presentar un menor crecimiento anual y un turno más largo, tienden a alcanzar mayores pesos para iguales volúmenes, siendo por tanto más densas y desplazando hacia arriba la media de nuestra colección.

Para el valor de la densidad superficial ocurre algo similar, con mayor distancia si cabe. Obtenemos un valor medio de 8,0656 kg/m<sup>2</sup>, casi un 30% superior a los 6,52±0,16 kg/m<sup>2</sup> presentados por la bibliografía (González Hernández et al., 2000).

Si observamos los valores correspondientes al sesgo y a la curtosis estandarizados, podremos afirmar *stricto sensu* que ninguna de las variables estudiadas se ajusta a una distribución normal. El calibre es la única variable que se aproxima a esta distribución.

#### 4.2.2.2. Para variables categóricas

Como se ha comentado previamente, en el caso de las variables categóricas, se han empleado distintas presentaciones del análisis descriptivo, adaptadas a las características concretas de cada una de las variables. En los siguientes apartados, se muestran los resultados de dicho análisis, discutiendo los resultados obtenidos y comparándolos con la bibliografía relacionada disponible.

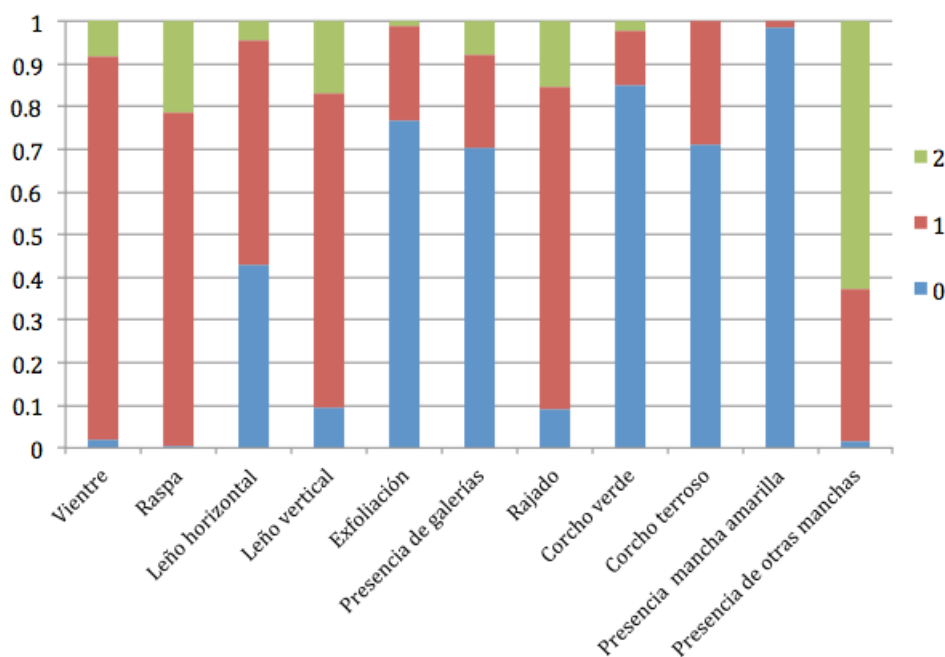
##### Anomalías

A continuación se muestran, en la Tabla 11, los resultados obtenidos del análisis descriptivo de las anomalías. En esta tabla, aparecen representados las frecuencias (absolutas y relativas) de ocurrencia de las distintas anomalías presentes en el corcho.

Anomalías	Frecuencias absolutas			Frecuencias relativas		
	0	1	2	0	1	2
Ventre	14	690	68	0,0181	0,8983	0,0881
Raspa	4	603	165	0,0052	0,7811	0,2137
Leño horizontal	331	408	33	0,4288	0,5285	0,0427
Leño vertical	73	570	129	0,0946	0,7383	0,1671
Exfoliación	593	171	8	0,7681	0,2215	0,0104
Presencia de galerías	543	169	60	0,7034	0,2189	0,0777
Rajado	71	583	118	0,0920	0,7552	0,1528
Corcho verde	656	98	18	0,8497	0,1269	0,0233
Corcho terroso	549	223	0	0,7110	0,2889	0
Presencia mancha amarilla	761	11	0	0,9858	0,0142	0
Presencia de otras manchas	11	277	484	0,0142	0,3588	0,6269

**Tabla 11** Frecuencias de ocurrencia absolutas y relativas para cada anomalía y cada grado de aparición o intensidad.

La Figura 17 trata de explicar gráficamente los resultados. Se trata de un diagrama de barras que muestra las frecuencias relativas de ocurrencia de cada uno de los nivel de aparición o grado de intensidad para cada una de las anomalías estudiadas.



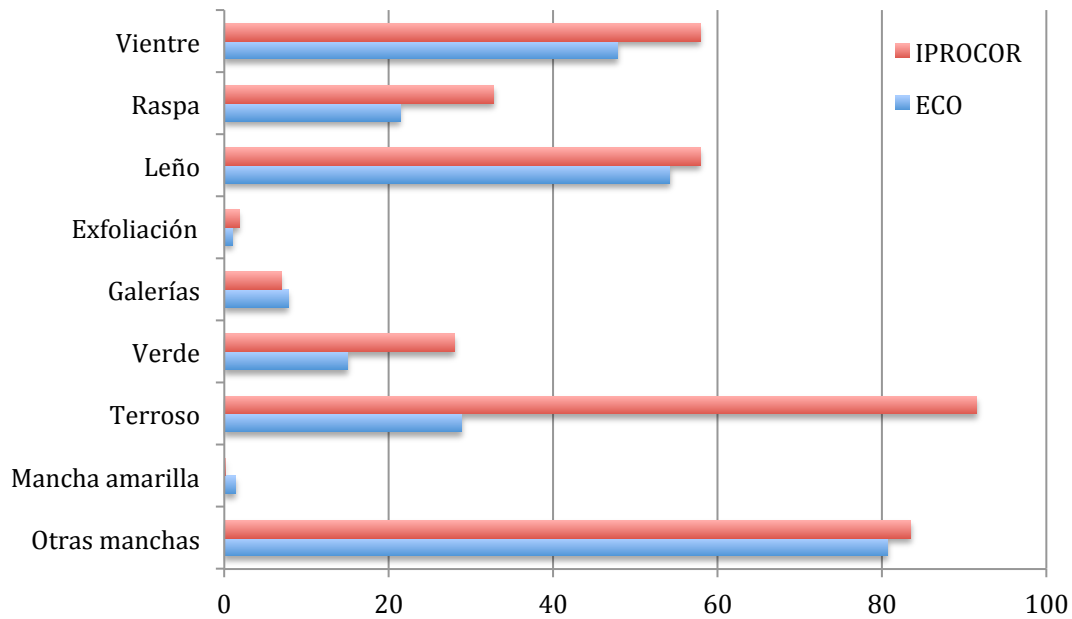
**Figura 17** Gráfico de frecuencia relativa de ocurrencia de las anomalías en función de su grado de aparición o intensidad.

Como podemos observar en los resultados anteriores, la presencia e intensidad varía mucho de unas anomalías a otras. Así, podemos constatar que casi todas las piezas presentan irregularidades en el vientre (sobre todo en grado 1) y en la raspa, leño vertical (sobre todo en grado 1), rajado (también muy numerosas con grado 1) y otras manchas (muchas en grado 2).

Sin embargo, un reducido grupo de piezas presenta exfoliación, corcho verde o corcho terroso, y en casi ninguna pieza se detecta la presencia de mancha amarilla.

En la Figura 18 se compara la frecuencia de aparición de dichas anomalías en nuestra muestra con el mismo dato aportado por el IPROCOR extremeño para el año 2012 (IPROCOR 2013). Hay que tener en cuenta que los datos han tenido que ser adaptados para poder ser comparados de una manera más precisa, teniendo en cuenta los criterios de clasificación del IPROCOR (por ejemplo, su variable *exfoliación* coincide con el grado 2 de nuestra variable Exfoliación).

Como se puede apreciar en dicha figura, nuestra muestra (ECO) presenta una calidad ligeramente superior a la media de Extremadura, en lo que a presencia de anomalías se refiere. A pesar de ser algo superior nuestra frecuencia de aparición de mancha amarilla y galerías, nuestra muestra presenta muchos menos casos en cuanto a la presencia de tierra, la irregularidad de raspa y vientre, la presencia de leño, la exfoliación o el corcho verde. La presencia de otras manchas se encuentra prácticamente al mismo nivel en ambos casos.

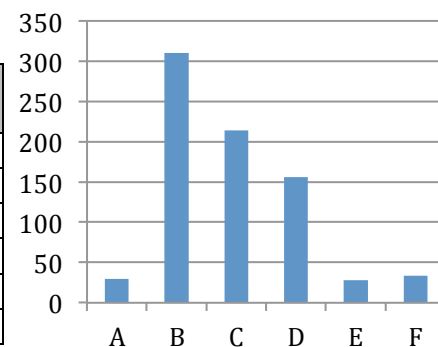


**Figura 18** Gráfico comparativo de la presencia de anomalías entre nuestra muestra (ECO) y los resultados del Plan de Calas 2012 de IPROCOR.

### *Tipos de porosidad*

Tipo de porosidad	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
A	30	0,0389
B	310	0,4016
C	214	0,2772
D	156	0,2021
E	28	0,0363
F	34	0,0440

**Tabla 12** Frecuencias absolutas y relativas de ocurrencia para el tipo de porosidad.



**Figura 19** Gráfico de distribución de frecuencias para el tipo de porosidad.

Como podemos observar en la Tabla 12 y la Figura 19, la muestra presenta buenos resultados en cuanto al tipo de porosidad: más del 70% de las calas se encuentran clasificadas en las tres mejores tipos (A, B y C).

Si comparamos estos resultados con los obtenidos en el análisis descriptivo de variables continuas para el coeficiente de porosidad, podremos observar que existe cierta consistencia, ya que el valor promedio del CP se sitúa en 9,239%.

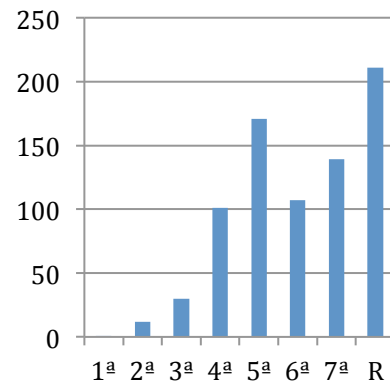
### Calidad visual

Por último, se analiza la calidad visual. Este importante parámetro, evaluado por un clasificador experto se muestra de dos maneras distintas. Primero, una tabla resumen y un gráfico utilizando la división en las 8 calidades (1ª a 7ª y Refugo). Después, utilizando la clasificación comercial habitual en 3 categorías (1ª-5ª, 6ª-7ª y Refugo), representado con sus correspondientes tabla y diagrama circular.

#### En 7 categorías

Calidad visual	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
1ª	1	0,0013
2ª	12	0,0155
3ª	30	0,0389
4ª	101	0,1308
5ª	171	0,2215
6ª	107	0,1386
7ª	139	0,1801
R	211	0,2733

**Tabla 13** Frecuencias absolutas y relativas de ocurrencia para 7 clases de calidad visual.

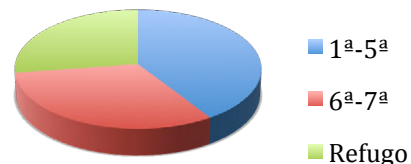


**Figura 20** Distribución de frecuencias para 7 clases de calidad visual.

#### En tres categorías

Calidad visual	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
1ª-5ª	315	0,4080
6ª-7ª	246	0,3187
R	211	0,2733

**Tabla 14** Frecuencias absolutas y relativas de ocurrencia para 3 clases de calidad visual.

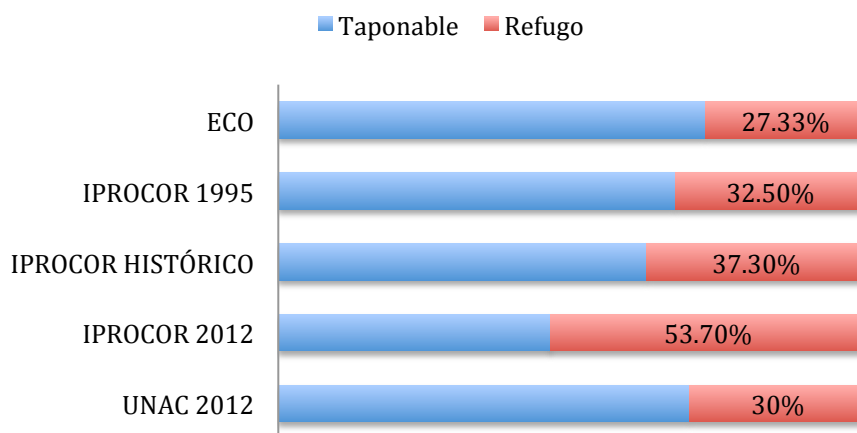


**Figura 21** Distribución de frecuencias para 3 clases de calidad visual.

A la vista de los resultados mostrados en las Tablas 13 y 14 y la Figuras 20 y 21, cabe comentar que la calidad de la muestra se ajusta a lo común y esperado de las latitudes españolas. Si bien el grupo de las mejores calidades (1ª-3ª) representa tan sólo el 5,57% del total de las calas, se ve reforzado por el 35,23% de las clases 4ª y 5ª, aún de buena calidad para la elaboración de tapones. Las últimas calidades taponables (6ª y 7ª) representan un 31,87% del total, quedando un 27,33% de refugo.

Analizando estos resultados podemos corroborar el elevado porcentaje de corcho taponable (72,67%) de la muestra frente al tanto por ciento de refugo (27,33%). Estos resultados son superiores a los disponibles en la bibliografía consultada. En el siguiente

gráfico, se comparan los resultados obtenidos para nuestra muestra con los aportados por el IPROCOR extremeño (IPROCOR 2013) y la UNAC (Unão de Floresta Mediterrânica) portuguesa (UNAC 2013).



**Figura 22** Gráfico comparativo de la proporción de corcho taponable y de refugo entre nuestra muestra y los datos facilitados por el IPROCOR (histórico, 1995 y 2012) y la UNAC (2012).

Como se puede apreciar con claridad en la Figura 22, las calas de nuestra muestra (ECO) presentan calidad ligeramente superiores a las aportadas por UNAC para el corcho portugués (un 2,67% menos de refugo) y la calculada por el IPROCOR para el año en el que fueron extraídas nuestras calas. Si comparamos nuestros datos con los del corcho extremeño aportados por el IPROCOR, notamos un salto grande en cuanto a la calidad a favor de nuestra muestra, que presenta aproximadamente un 10% más de corcho taponable con respecto a la media histórica (1985-2012) y un 26,37% más si comparamos con los valores para el año 2012.

*Defectos > 20%*

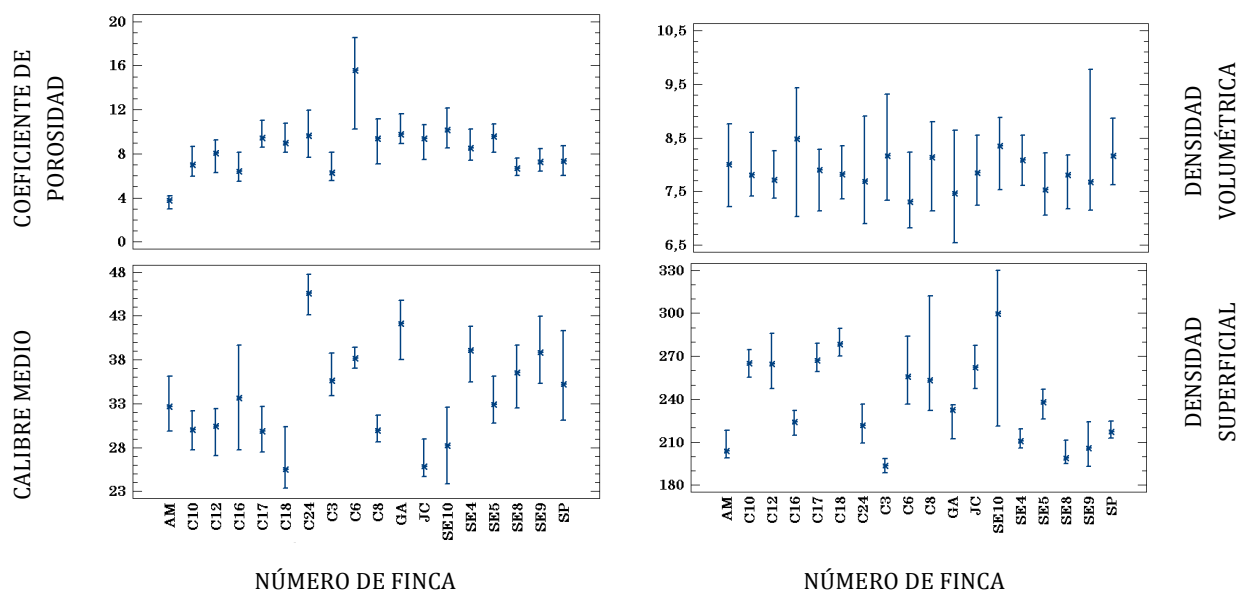
Toda la información acerca de esta variable, puede ser consultada en el Anexo III.II.

#### 4.2.3. Análisis de la varianza

A continuación se presentan los resultados del análisis de la varianza realizado para determinar si todas las sub-muestras pueden ser consideradas procedentes de una única población. Como se justificó en el apartado de *Material y métodos* correspondiente al análisis estadístico, debido a las propiedades de la muestra (distribución no normal y heterocedasticidad), éste análisis se ha realizado mediante el test de Kruskal-Wallis.

Variable	Estadístico T	P-Valor
Calibre medio	244,217	0,0
Coficiente de porosidad	173,766	0,0
Densidad volumétrica	360,055	0,0
Densiad superficial	13,7252	0,686446

**Tabla 15** Resultados del test de Kruskal-Wallis para las distintas variables. Valores del estadístico T y probabilidad asociada.



**Figura 23** Gráficas de medianas por finca de origen para cada variable.

Como podemos observar en la Tabla 12 y en la Figura 23, para tres de las variables a estudiar (calibre, coeficiente de porosidad y densidad volumétrica), el p-valor es menor que el nivel de significación prefijado ( $\alpha = 0,05$ ), por lo que debemos descartar la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alternativa. Por tanto, a un nivel de confianza del 95%, no podemos considerar la muestra como si procediera de una única población, sino que ésta habrá sido extraída de, al menos, dos poblaciones distintas. Esto nos indica que el valor de una probeta de la muestra para cada una de estas variable depende de su parcela de origen.

Sin embargo, para la densidad superficial el resultado de este test arroja un p-valor superior al nivel de significación, por lo que podemos aceptar la hipótesis nula, asumiendo que todas las probetas proceden de una única población. Esto es, el valor de la probeta para esta variable no depende de su parcela de procedencia.

El resultado para calibre, coeficiente de porosidad y densidad volumétrica es el esperado para una muestra formada por sub-muestras procedentes de localizaciones diversas, en cada una de las cuales el corcho presenta una caracterización física distinta a consecuencia de la estación y la gestión ejecutada. Así, será sencillo que las muestras de procedencia catalana sean más similares entre sí que si las comparamos con aquellas extraídas en las fincas de Cádiz o Sevilla.

Sin embargo, el resultado obtenido para la densidad superficial, en la que se pueden considerar todas las muestras como procedentes de la misma población, reviste cierta importancia y puede ser estudiado más a fondo en posteriores trabajos, ya que nos deja entrever que la variabilidad existente para toda nuestra muestra es la misma que se da dentro de cada finca. Esto puede tener implicaciones interesantes si tenemos en cuenta



el valor de la densidad superficial como parámetro de cuantificación de la producción *a priori* y en campo (González Hernández et al. 2000).

Los resultados completos del test de Kruskal-Wallis se pueden encontrar en el Anexo II.IV.

## 4.3. Validación y mejora de modelos

### 4.3.1. Validación de los modelos

Tras la ejecución de los modelos sobre los datos depurados, se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 16.

Modelo	%Aciertos	%Fallos
2TC	79,66	20,34
2TR	75,39	24,61

**Tabla 16** Resumen de resultados de validación de los modelos de García de Ceca (2001) para calas de procedencia nacional (muestra ECO).

En ellos se toma como base de comparación la clasificación realizada por el escogedor experto, contrastándola con los resultados obtenidos por el modelo.

A la vista de los resultados obtenidos, podemos dar por válidos para calas de procedencia nacional los modelos propuestos por García de Ceca (2001).

### 4.3.2. Estudio de discrepancias

Una vez evaluados los modelos se obtuvieron resultados lo suficientemente satisfactorios como para darlos como adecuados para clasificar calas de corcho en las fincas estudiadas. Sin embargo, al mismo tiempo, fueron detectadas algunas carencias que debían ser objeto de mejora. Para conocer mejor el funcionamiento real de los modelos y poder localizar sus puntos de mejora, se pasó a un estudio detallado de los mismos.

A continuación, se muestran las tablas resumen para ambos modelos (Tablas 18 y 19) de los resultados del análisis de discrepancias en la clasificación, sistematizadas en clases y sentidos, de acuerdo con lo explicado en la Tabla 17.

Los listados completos de piezas afectadas, divididos en clase/sentido, se encuentran disponibles en el Anexo III.I.

Clase	Sentido	Situación
I	M	Una pieza clasificada por el escogedor como refugio resulta taponable según el modelo con una probabilidad mayor del 80%.
	P	Una pieza clasificada por el escogedor como taponable resulta refugio según el modelo con una probabilidad mayor del 80%.
II	M	Una pieza clasificada por el escogedor como refugio resulta taponable según el modelo con una probabilidad entre el 60% y el 80%.
	P	Una pieza clasificada por el escogedor como taponable resulta refugio según el modelo con una probabilidad entre el 60% y el 80%.
III	M	Una pieza clasificada por el escogedor como refugio resulta taponable según el modelo con una probabilidad menor del 60%.
	P	Una pieza clasificada por el escogedor como taponable resulta refugio según el modelo con una probabilidad menor del 60%.

**Tabla 17** Descripción de clases y sentidos para discrepancias en la validación.

Dirección Clase	P	M	Total
I	7	67	74
II	20	31	51
III	16	16	32
Total	43	114	157

**Tabla 18** Tabla de contingencia de discrepancias en la clasificación del modelo 2TC.

Dirección Clase	P	M	Total
I	2	110	112
II	10	53	63
III	1	14	15
Total	13	177	190

**Tabla 19** Tabla de contingencia de discrepancias en la clasificación del modelo 2TR.

Se detecta un sesgo en la clasificación proporcionada por los modelos que es importante resaltar. La tendencia general de los modelos es a clasificar menos piezas como refugio que el escogedor, es decir a ser más tolerante y admitir más piezas como taponables. La calidad media asignada por los modelos a un conjunto de piezas sería superior a la asignada por el escogedor.

Aquellas piezas que presentaban discrepancias más graves (clase I) fueron sometidas a revisión individual, para determinar si se trataba de errores del modelo o piezas mal clasificadas por el escogedor (o con transcripción errónea).

#### 4.3.3. Mejora de modelos

El análisis de los resultados obtenidos al aplicar el modelo, así como la revisión de las piezas afectadas, según lo descrito en el punto 3.5., dio lugar a una serie de conclusiones que apuntaban cómo podía ser abordada la solución de las deficiencias detectadas en los modelos, mejorando así su funcionamiento.

Así, se modificaron los modelos existentes, dando lugar a dos nuevos modelos, 2TCV2 y 2TRV2, idénticos en su expresión estadística, pero que implementaban una nueva variable y añadían tres funciones lógicas, que mejoraban y actualizaban su comportamiento:

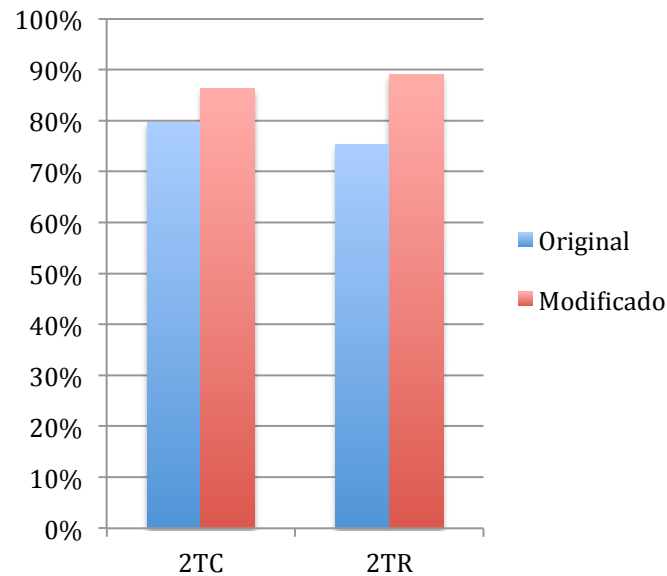
- Implementación de nueva variable lógica (SI/NO) denominada “DEFECTOS>20%”, que se define como SI cuando más de un 20% de la superficie analizada está ocupada por anomalías o defectos de cualquier naturaleza (poros, galerías, etc.) y como NO en caso contrario (más información en el Anexo III.II.).
- Probetas con presencia de mancha amarilla (criterio industrial) – Clasifican directamente como refugo (Si Mancha Amarilla  $\neq$  0  $\rightarrow$  Refugo)
- Probetas con calibre menor de 22 mm (criterio comercial) – Clasifican directamente como refugo (Si Calibre < 22 mm  $\rightarrow$  Refugo)
- Probetas con valor “SI” para la nueva variable  $\rightarrow$  Clasifican directamente como refugo (Si DEFECTOS>20% = SI  $\rightarrow$  Refugo)

Una vez realizadas estas modificaciones se ejecutaron nuevamente los modelos, obteniendo los siguientes resultados, que se muestran, en la Tabla 18, en comparación con los obtenidos para los modelos base u originales. La diferencia se expresa como incremento de aciertos (en %).

Modelos	Completo		Reducido	
	2TC (original)	2TCV2 (modificado)	2TR (original)	2TRV2 (modificado)
<b>Aciertos</b>	79,66 %	86,27 %	75,39 %	89,12 %
<b>Errores</b>	20,34 %	13,73 %	24,61 %	10,88 %
<b>Diferencia</b>	+ 6,51 %		+ 13,73 %	

**Tabla 20** Resumen de resultados de validación de modelos originales y modificados. Comparativa y diferencia.

Como se puede observar en la Tabla 20 y en la Figura 25, con la implementación de estas modificaciones se produce una ostensible mejora en los resultados obtenidos, especialmente para el modelo reducido.



**Figura 24** Gráfico comparativo de porcentaje de aciertos para los modelos originales y modificados.

Clase \ Dirección	P		M		Total	
	2TC	2TCV2	2TC	2TCV2	2TC	2TCV2
I	7	21	67	29	74	50
II	20	23	31	11	51	34
III	16	17	16	5	32	22
Total	43	61	112	45	157	106

**Tabla 21** Comparativa de frecuencias de aparición de discrepancias en la clasificación con modelo completo original y modificado (2TC y 2TCV2, respectivamente).

Clase \ Dirección	P		M		Total	
	2TR	2TRV2	2TR	2TRV2	2TR	2TRV2
I	2	22	110	29	112	51
II	10	12	53	16	63	28
III	1	3	14	2	15	5
Total	13	37	177	47	190	84

**Tabla 22** Comparativa de frecuencias de aparición de discrepancias en la clasificación modelo reducido original y modificado (2TR y 2TRV2, respectivamente).

En las Tablas 21 y 22 podemos comparar los resultados obtenidos para los modelos de García de Ceca (2001) y los modificados propuestos en este trabajo. En ellas, se muestra la frecuencia de ocurrencia de cada uno de las clases y sentidos de las discrepancias escogedor-modelo en la clasificación de las piezas. Las clases y direcciones han sido anteriormente explicadas en la Tabla 17.

A la vista de los resultados, podemos afirmar, aparte de la notable disminución en el número de errores para cada clase, como el sentido de los mismos ha cambiado,

permaneciendo ahora del lado de la seguridad, reduciéndose de forma marcada los errores *a mejores* (piezas de refugo clasificadas como taponables). Además hay que resaltar la mejora sustancial del modelo reducido (2TR), que no utiliza el coeficiente de porosidad, lo que implica una diferencia importante en la sencillez del proceso de toma de datos respecto al modelo completo, que sí necesita este parámetro.

#### 4.4. Aplicación informática desarrollada

Siguiendo las directrices indicadas en apartado 3.6. se desarrolló una aplicación informática, programada en Visual Basic® para Microsoft Excel®. El programa recibió el nombre de CorkClass 1.0.

Se planteó una interfaz, dividida en distintas áreas: un espacio para la introducción de los datos, un área para la clasificación resultante de las piezas una vez ejecutados los modelos, un área de control con los botones que ejecutan las distintas acciones y, finalmente, un espacio para el resumen de resultados que mostrara el porcentaje de corcho taponable y refugo para la muestra, así como el calibre medio y, en su caso, el promedio del coeficiente de porosidad.

Se incluyó entre los comandos de ejecución, a parte del botón “CLASIFICAR”, de función evidente, otros que permitieran obtener información acerca del programa, mostrar ayuda acerca de cómo valorar las distintas variables y anomalías incluidas en el modelo, guardar los resultados y cerrar el programa, y que se muestran en la Tabla 23.

Comando	Función
<b>CLASIFICAR</b>	Ejecuta los modelos de clasificación, dando lugar a los resultados (pieza a pieza y resumen)
<b>Acerca de</b>	Muestra los datos generales acerca del programa
<b>Ayuda</b>	Muestra ayuda sobre cómo valorar variables y anomalías
<b>Guardar como</b>	Permite guardar el archivo introduciendo un nombre
<b>Cerrar</b>	Cierre directo y salida del programa

**Tabla 23** Resumen de comandos del programa y sus respectivas funcionalidades.

En la siguiente imagen (Figura 26) se muestra una captura de pantalla del programa. En ella, podemos observar la zonificación descrita anteriormente: espacio para la introducción de datos (1), área de resultados de clasificación (2), área de control (3) y resumen de resultados (4).

El primer paso para la utilización del programa consiste en la valoración de variables y anomalías necesarias y su introducción en el espacio para la toma de datos asignándoles un código de identificación.

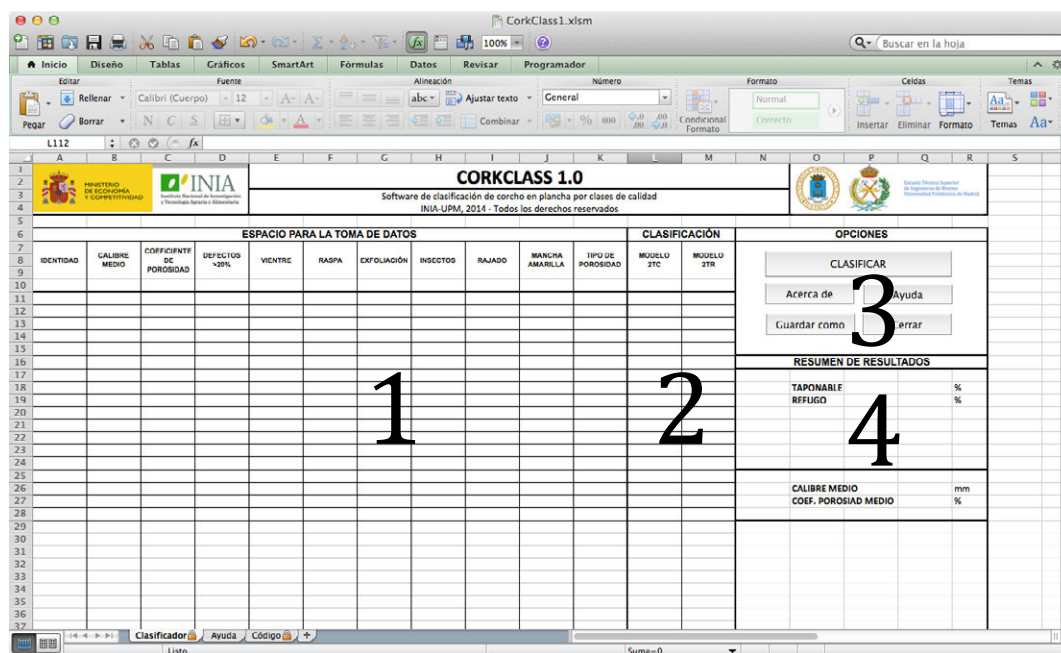


Figura 25 Captura de pantalla de la aplicación CorkClass 1.0.

Una vez introducidos, al pulsar sobre CLASIFICAR se ejecutarán los modelos presentando la clasificación obtenida en el área de resultados de clasificación. Si en los datos introducidos se incluye el coeficiente de porosidad, se mostrarán los resultados obtenidos empleando ambos modelos (tomando en cuenta el valor de CP – con el modelo 2TC – o infiriéndole de otras variables – con el modelo 2TR–). Si, por el contrario, no se dispone de valor de coeficiente de porosidad, se obtendrá una única clasificación para cada pieza: la resultante de utilizar el modelo reducido (2TR).

En el momento en el que se realice la clasificación aparecerá en la parte derecha de la pantalla el resumen de resultados de la muestra clasificada (porcentaje de corcho taponable y de refugio para la muestra, calibre y coeficiente de porosidad medio, en caso de haber introducido los valores de CP individuales). Si al introducir los datos hemos aportado el valor del CP, este resumen de resultados siempre hará referencia a los resultados tomando el modelo completo (2TC). Si no contábamos con los valores de CP al introducir los datos, el resumen aludirá a la única clasificación disponible en este caso (la realizada con el modelo reducido, 2TR).

Dado el objetivo del programa como herramienta para profesionales, gestores y propietarios, y su posible aplicación en docencia e investigación, se ha desarrollado, de manera paralela al programa, un *Manual de Usuario* en el que se explica la funcionalidad y objetivos del programa y se detalla, paso a paso, el proceso necesario para su uso. Incluye, por tanto, las indicaciones para la valoración de variables y anomalías, así como un guía de imágenes patrón que facilitan este proceso.

El código del programa puede ser consultado en el Anexo IV y el *Manual de Usuario* se encuentra disponible en el Anexo V.

## 5. Conclusiones

---

Las conclusiones de este trabajo son las siguientes:

- El protocolo de depuración de datos es adecuado y ha permitido caracterizar la muestra ECO.
- Del análisis estadístico se desprende que existen diferencias significativas para todas las variables en función de la parcela de origen, excepto en el caso de la densidad superficial, para la que se puede considerar toda la muestra procedente de una única población.
- Los modelos García de Ceca (2001) son válidos para la clasificación de planchas de corcho de procedencia nacional, y obtienen porcentajes de acierto del 79,66% y 75,39% (2TC y 2TR) al clasificar la muestra ECO.
- Las modificaciones introducidas en los modelos mejoran su comportamiento, elevando los porcentajes de acierto al 86,27% y 89,12% (2TC y 2TR).
- La estimación de la calidad del corcho puede ser evaluada de forma objetiva por personal no cualificado, empleando el software de clasificación CorkClass.



## 6. Resumen del estudio

### 6.1. Fases para la realización del estudio

El trabajo fue dividido en distintas fases. En la Figura 27 que aparece bajo estas líneas (incluida ya anteriormente) se muestra la línea de flujo del trabajo realizado en este estudio. En ella, se pueden diferenciar un total de diez fases, de las cuales las tres primeras (en rojo) estaban ya finalizadas al inicio de este proyecto, llevándose a cabo las siete restantes durante el desarrollo de este PFG (Proyecto Fin de Grado).

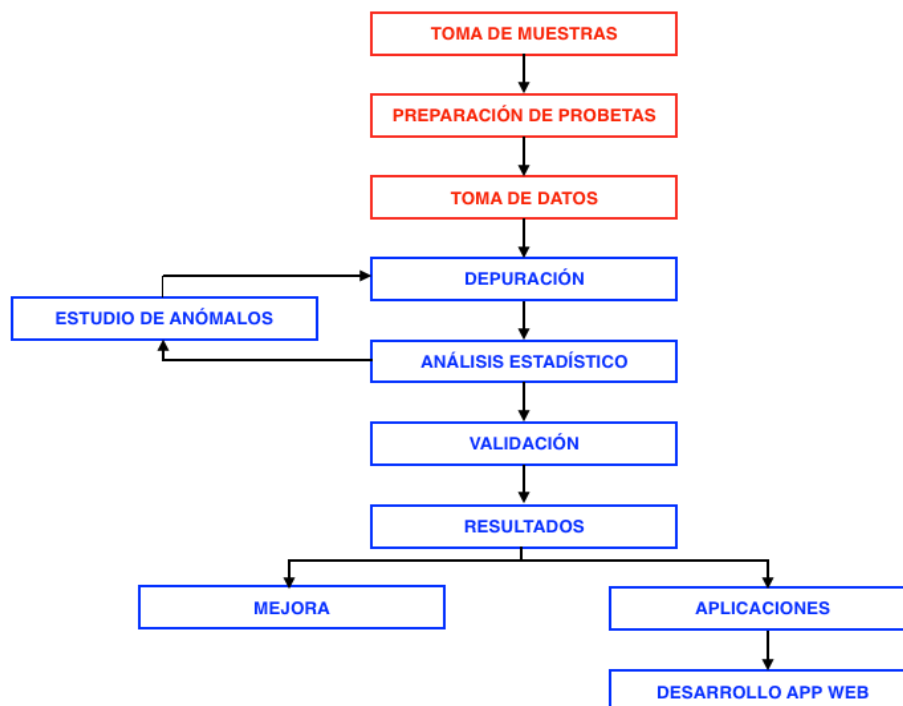


Figura 26 Línea de flujo del trabajo realizado durante el proyecto.

### 6.2. Descripción de las tareas

#### Depuración y análisis de los datos

La primera de las tareas a realizar consistió en depurar los datos y medidas de las probetas de la suberoteca (cerca de 800 piezas), con el fin de poder asegurar la bondad de los datos obtenidos cuando éstos se emplean con fines de investigación. Este proceso se basa en la búsqueda de errores en la toma de datos en cada una de las variables, mediante el contraste con otras variables relacionadas. Muy unido a este proceso se encuentra el siguiente, que se engloba dentro de este epígrafe: el análisis estadístico. Éste nos ayuda a conocer mejor los datos con los que estamos trabajando y a terminar el proceso de depuración mediante el estudio de los anómalos, aquellos datos tan alejados de los valores medios que inducen a pensar que se trata de errores (por eso se comprueban).

Los procesos realizados durante la depuración fueron los siguientes:

- Búsqueda de errores en el calibre mediante comparación de las medidas tomadas de forma manual y aquellas hechas por análisis de imagen. Corrección de errores. Comprobación de las probetas que presentaban valores extraños.
- Búsqueda de errores en las densidades volumétrica y superficial mediante el contraste entre medidas tomadas por distintos métodos (geométrico y mediante el principio de Arquímedes). Corrección de errores. Comprobación de las probetas que presentaban valores extraños..
- Búsqueda de errores en el tipo de porosidad mediante el contraste entre dos medidas para esta variable realizadas por distintos operarios en distintos momentos. Corrección de errores. Comprobación de las probetas que presentaban valores extraños.
- Búsqueda de errores en la valoración de anomalías mediante el contraste entre dos medidas para cada variable realizadas por distintos operarios en distintos momentos. Corrección de errores. Comprobación de las probetas que presentaban valores extraños.
- Búsqueda de errores en el cálculo del coeficiente de porosidad por análisis de imagen mediante el contraste con el tipo de porosidad asignado (ya depurado) y la calidad de las piezas otorgada por el escogedor consultado. Corrección de errores. Comprobación de las probetas que presentaban valores extraños.

Para el análisis estadístico se prepararon los datos de manera adecuada y se realizó, en primer lugar, un análisis descriptivo preliminar. Junto a este, se llevó a cabo un estudio de anómalos (y la posterior comprobación de las probetas con posibles valores erróneos), un análisis descriptivo de cada variable y un análisis de la varianza.

### **Validación de los modelos**

El objetivo de esta tarea era, principalmente, el de comprobar la bondad de funcionamiento, para probetas de corcho procedente de España, de los modelos propuestos en 2001 por García de Ceca para planchas de corcho procedentes de cualquier punto del área de distribución del alcornoque.

El primer paso, una vez depurados los datos de las piezas de la suberoteca (todas procedentes de España – más concretamente de Andalucía, Extremadura y Cataluña –), fue aplicar los modelos a las piezas de este colección y comprobar si la clasificación dada por el modelo coincidía con aquella clase comercial que había asignado el escogedor experto y que estaba disponible para todas las piezas. Para ello, se programó una macro de Excel que corriera los modelos y comprobara si la clasificación obtenida era la misma, o no, que la apuntada por el escogedor.

Una vez realizada la clasificación y calculados los resultados (superiores al 75% de coincidencia entre modelo y escogedor), se pasó al estudio detallado de los resultados

obtenidos, prestando especial atención a aquellas piezas en las que el modelo no era consistente con la opinión del escogedor. Para ello, se seleccionaron aquellas piezas con errores mas pronunciados; esto es, aquellos en los que la discrepancia entre la opinión del escogedor y la clasificación por parte del modelo era grande; o aquellas otros en los que el modelo clasificaba la pieza en una clase distinta a la seleccionada por el escogedor, con un alto grado de seguridad (arrojaba una alta probabilidad de que se encontrara en esa clase). Una vez identificadas estas piezas, se rastrearon los valores de sus variables, en busca de patrones de error que pudieran ayudarnos a mejorar los modelos utilizados.

### **Mejora y actualización de modelos**

Tras el estudio detenido de los resultados de la clasificación por parte del modelo en comparación con los valores determinados por el escogedor experto consultado, se obtuvieron unos datos satisfactorios que permitieron validar el modelo. Pero también se encontraron aspectos a mejorar. Con este objetivo, se realizó una revisión bibliográfica y normativa, en busca de puntos a tener en cuenta para la puesta al día de los modelos. Estos estudios dieron lugar a una serie de propuestas de mejora, que podemos dividir en:

- Propuestas por razones comerciales: clasificación directa como refugio de aquellas piezas tan delgadas que no alcanzan el calibre mínimo para un procesamiento rentable.
- Propuestas por razones normativas: clasificación directa como refugio de aquellas piezas que no cumplen con el Código de Buenas Prácticas de la Industria Corchera y Systecode, muy extendidos en la actualidad.
- Propuestas por razones de carácter científico, es decir, aquellas extraídas del estudio minuciosos de la naturaleza de las anomalías y de su peso concreto en la clasificación real de la piezas.

Como resultado del análisis de las distintas propuestas se pasó a la elaboración de modelos que mejoraran los resultados. Se decidió optar por la inclusión de variables lógicas, cuya presencia catalogara las piezas directamente como refugio, de acuerdo con los criterios anteriormente citados.

### **Desarrollo de software y protocolo (manual) de uso**

Por último, se desarrolló una sencilla aplicación informática de Visual Basic® que corriera sobre Microsoft Excel®. Para ello, tras distintas pruebas, se optó por un diseño sencillo y accesible que clasificara las piezas, conforme a los modelos modificados, una vez introducidos los datos de partida. De manera paralela, se desarrolló un manual de usuario del programa, que incluía tanto aspectos más generales del uso del software, como otros relacionados con el protocolo y los criterios a seguir a la hora de valorar las variables y anomalías incluidas.



### 6.3. Cronograma

SEMANA	FECHAS	TAREAS A REALIZAR
Semana 1	03/02/14 07/02/14	Presentación del trabajo a realizar. Familiarización con el laboratorio y el material de trabajo. Consultas bibliográficas acerca del trabajo. Primer contacto con probetas y datos recogidos.
Semana 2	10/02/14 14/02/14	Creación de la base de datos de la suberoteca: consulta de datos existentes, tratamiento y orden de datos en Excel.
Semana 3	17/02/14 21/02/14	Creación de la base de datos de la suberoteca: Tratamiento de los datos, descripción de variables discriminación de variables duplicadas, búsqueda de errores.
Semana 4	24/02/14 28/02/14	Depuración de los datos existentes: primeras labores de corrección.
Semana 5	03/03/14 07/03/14	Depuración de los datos existentes: labores de búsqueda y corrección de errores.
Semana 6	10/03/14 14/03/14	Depuración de los datos existentes: Realización, finalización y comprobación de las labores de depuración de los datos. Análisis estadístico.
Semana 7	17/03/14 21/03/14	Validación de modelos de clasificación: Consultas bibliográficas y estudio de modelos publicados
Semana 8	24/03/14 28/03/14	Validación de modelos de clasificación: Validación de modelos con los datos de la base de datos de la suberoteca.
Semana 9	31/03/14 04/04/14	Validación de modelos de clasificación: Estudio de los resultados obtenidos en la validación.
Semana 10	07/04/14 11/04/14	Validación de modelos de clasificación: Estudio de errores. Consultas bibliográficas.



SEMANA	FECHAS	TAREAS A REALIZAR
Semana 11	14/04/14 18/04/14	Validación de modelos de clasificación: Consultas de nueva normativa. Propuestas de actualización.
Semana 12	21/04/14 25/04/14	Validación de modelos de clasificación: Conclusiones y propuestas de mejora.
Semana 13	28/04/14 02/05/14	Estudio de modelos alternativos (inicio). Análisis de los resultados obtenidos.
Semana 14	05/05/14 09/05/14	Estudio de modelos alternativos (continuación). Análisis de los resultados obtenidos.
Semana 15	12/05/14 16/05/14	Estudio de los modelos alternativos propuestos. Comparación y análisis. Propuestas de mejora.
Semana 16	19/05/14 23/05/14	Desarrollo de nuevos modelos. Validación.
Semana 17	26/05/14 30/05/14	Creación de protocolo de uso de los nuevos modelos. Desarrollo de aplicación informática de clasificación.
Semana 18	02/06/14 06/06/14	Creación de protocolo de uso de los nuevos modelos. Desarrollo de aplicación informática de clasificación.
Semana 19	09/06/14 13/06/14	Revisión y mejora del documento del estudio.
Semana 20	16/06/14 20/06/14	Revisión y mejora del documento del estudio. Correcciones y formato.
Semana 21	23/06/14 27/06/14	Trámites ENTREGA DE PROYECTO

## 6.4. Costes del estudio

En este último apartado del resumen del estudio, se realizará una estimación de los costes asociados al presente estudio. Debemos tener en cuenta que sólo representa un valor estimado al conjugarse el trabajo en un instituto público de investigación y el uso de probetas ya empleadas anteriormente en otros estudios, con cuyo presupuesto fue amortizado el proceso de toma, preparación y medida de las calas.

Por tanto, este estudio de costes solo hace referencia a aquellos relacionados con las fases que forman parte de este proyecto.

### 1. Transporte hasta el INIA en vehículo particular

Desplazamiento (Km)	14,4
N.º de desplazamientos por semana:	3
N.º de semanas:	21
Coste unitario (€/Km)	0,27
<b>Costes Transporte</b>	<b>244,94 €</b>

### 2. Material

Ordenador portátil MacBook Pro 13"	1229,00 €
N.º horas de amortización	4500
N.º horas usado	400
Coste unitario (€/hora)	0,27
<b>Costes Material</b>	<b>109,20 €</b>

### 3. Laboratorio – Uso de las instalaciones del Laboratorio de Corcho\*

N.º de meses de utilización	3
Coste unitario (€/mes)	2.000,00 €
<b>Coste Laboratorio</b>	<b>6.000,00 €</b>

### 4. Becario

N.º de horas de trabajo	650
Coste unitario (€/hora)	6,00 €
<b>Costes Becario</b>	<b>3.900,00 €</b>

### 5. Gastos generales

Se estima en el 10% de la suma de los costes anteriores

<b>Gastos Generales</b>	<b>1025,41€</b>
-------------------------	-----------------

### 6. Coste total

Los costes totales del estudio equivalen a la suma de los costes anteriormente desglosados. El **coste total** del proyecto asciende a **11.279,55 €**.

\* Coste extraído de los precios públicos publicados en el BOE de 8 de julio de 2011.



## Anexo I – Resultados de la depuración

### Anexo I.I. – Listado y resultados de la depuración de valores de calibre

ESTADILLO DE DEPURACIÓN DE VALORES DE CALIBRE

FECHA: ABRIL 2014 OPERARIO: DAVID BENITO LABORATORIO CORCHO INIA -CIFOR

CLAVE	Num_FINCA	ARBOL (RISTRA)	NUM_MUESTRA	ORIENTACION	ALTU_EXTRAC cm	CALIDAD_VISUAL	CALI_COCIDO_MEDIO	CALIBRE_MEDIO_2011	CP	DIFCAL_INTERNO	DIFCAL	CAL_CORREGIDO
SE4D9	SE4	D	9	N	90	R	39,45	31,71	16,04	0,24409	ERROR	31,71
SE9E1	SE9	E	1	S	0	5	37,45	31,18	7,29	0,20096	ERROR	32,74
SE9E9	SE9	E	9	N	0	7	33,60	26,59	6,75	0,26363	ERROR	26,85
CA12D9	C12	D	9	N	90	6	30,70	25,52	9,28	0,20282	ERROR	24,59
SE5B8	SE5	B	8	N	160	6	36,35	30,26	11,01	0,20139	ERROR	30,18
SE8A7	SE8	A	7	N	0	2	32,65	26,07	2,91	0,25224	ERROR	27,08
SE8D5	SE8	D	5	S	0	7	51,00	41,27	10,07	0,23586	ERROR	38,99
SE8D7	SE8	D	7	N	0	4	41,75	33,19	5,63	0,25778	ERROR	33,94
SE8D10	SE8	D	10	N	0	5	35,95	28,90	5,64	0,24409	ERROR	29,30
SE10A4	SE10	A	4	S	0	R	19,70	28,38	10,76	0,30593	ERROR	18,47
SE10A9	SE10	A	9	N	0	7	28,85	23,79	13,45	0,21269	ERROR	25,61
SE10A10	SE10	A	10	N	0	R	26,00	21,15	10,90	0,22951	ERROR	21,43
SE10B6	SE10	B	6	N	0	R	35,75	27,24	19,89	0,31241	ERROR	28,47
SE10D9	SE10	D	9	N	0	7	22,10	15,87	7,50	0,39227	ERROR	17,46
SE10E9	SE10	E	9	N	0	4	46,45	38,16	5,37	0,21714	ERROR	38,87
CA10B10	C10	B	10	N	215	7	33,40	24,64	10,32	0,35552	ERROR	26,34
CA8D2	C8	D	2	S	40	R	32,05	23,99	12,10	0,33616	ERROR	24,48
CA8D7	C8	D	7	N	40	R	23,80	18,71	15,10	0,27182	ERROR	18,43
CA8E5	C8	E	5	S	167	5	37,70	31,36	8,18	0,20217	ERROR	32,20
CA16B10	C16	B	10	N	150	3	41,75	31,36	7,97	0,33146	ERROR	30,76
CA17A5	C17	A	5	S	210	R	33,30	25,65	14,21	0,29841	ERROR	23,63
CA17B1	C17	B	1	S	35	R	17,20	13,24	4,94	0,29877	ERROR	13,77
CA17C3	C17	C	3	S	110	R	32,85	27,21	12,76	0,20728	ERROR	24,00
CA18B6	C18	B	6	N	30	R	28,10	22,72	12,22	0,23661	ERROR	23,81
CA18B9	C18	B	9	N	140	7	43,15	35,83	13,20	0,20441	ERROR	36,16
CA18D3	C18	D	3	S	200	5	27,45	21,96	7,99	0,24981	ERROR	21,80
CA18E1	C18	E	1	S	30	5	27,80	22,86	7,54	0,21592	ERROR	22,84
JCA1	JC	A	1	N	20	5	25,50	18,76	4,88	0,35903	ERROR	18,90
JCD4	JC	D	4	N	240	R	31,30	25,97	17,40	0,20539	ERROR	25,18
GAD3	GA	D	3	N	60	R	33,50	27,32	10,80	0,22636	ERROR	26,59
GAE9	GA	E	9	S	110	R	41,05	33,74	9,71	0,21678	ERROR	36,98
SPA1	SP	A	1	N	20	6	37,90	30,24	11,41	0,25345	ERROR	29,66
SPB2	SP	B	2	N	100	7	30,45	25,28	8,06	0,20435	ERROR	25,02
SPC6	SP	C	6	S	20	4	30,05	24,77	3,06	0,213	ERROR	29,93
SPE1	SP	E	1	N	20	6	30,10	24,91	8,18	0,20819	ERROR	24,17
SPE7	SP	E	7	S	120	7	28,60	23,43	15,73	0,22066	ERROR	23,65
C6B4	C6	B	4	N	120	R	42,45	34,90	29,78	0,21622	ERROR	33,30
C6C1	C6	C	1	N	25	R	46,50	38,17	12,77	0,21834	ERROR	39,12
C6D5	C6	D	5	N	0	R	32,25	26,77	22,33	0,20486	ERROR	24,64
C6D10	C6	D	10	S	0	R	26,90	22,18	31,90	0,21262	ERROR	20,91

Valores corregidos señalados en verde en la columna **CAL CORREGIDO**





## Anexo I.II. - Listado y resultados de la depuración para valores de densidad

### ESTADILLO DE DEPURACIÓN DE VALORES DE DENSIDAD

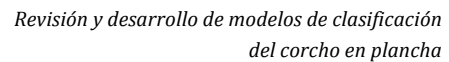
FECHA: ABRIL 2014

OPERARIO: DAVID BENITO

LABORATORIO CORCHO INIA -CIFOR

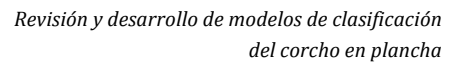
CLAVE	CAL	DVG2	DVa2	DIF (%)	PESO	VOL ARQ	Dvnueva	DIF 2 (%)	Valor final
SE4A7	24,34	165,75	199,65	16,98	226,5	1137	199,21	0,221	199,65
SE4A10	43,48	180,30	215,01	16,14	523,5	2570	203,70	5,262	215,01
SE5A5	39,03	208,70	254,36	17,95	420,5	1665	252,55	0,711	254,36
SE5C2	25,77	261,09	317,80	17,84	339	1069	317,12	0,214	317,80
SE5D4	36,34	203,58	155,61	30,83	386,5	1781	217,01	39,459	217,01
SE8B5	26,95	209,56	159,62	31,29	167	789	211,66	32,603	211,66
SE10A4	18,47	214,79	360,18	40,37	282	761,5	370,32	2,816	360,18
SE8E5	37,28	234,99	198,43	18,43	363,5	1874	193,97	2,248	198,43
SE10D2	27,95	257,45	378,06	31,90	296	786	376,59	0,389	378,06
CA3D1	30,51	173,89	214,29	18,85	173,5	797	217,69	1,587	214,29
CA24B6	39,94	420,38	200,22	109,96	271	1345	201,49	0,633	200,22
CA10E9	36,26	257,24	326,19	21,14	343,5	1047	328,08	0,579	326,19
CA10E6	27,06	282,01	353,78	20,29	310,5	905	343,09	3,021	353,78
CA24D4	49,53	204,61	266,98	23,36	374,5	1504	249,00	6,734	266,98
CA24E8	47,71	164,69	211,08	21,98	391	1855	210,78	0,141	211,08
CA8C6	28,43	189,09	247,07	23,47	169,5	696	243,53	1,431	247,07
CA8D8	26,43	291,51	366,57	20,48	365,5	986	370,69	1,124	366,57
CA8D4	32,86	266,94	324,26	17,68	394,5	1209	326,30	0,630	324,26
CA8D1	28,23	250,77	297,84	15,80	444	1240	358,06	20,220	358,06
CA8E1	41,76	250,06	310,98	19,59	422,5	1351	312,73	0,563	310,98
CA16B10	31,36	256,69	208,96	22,84	250	1193	209,56	0,285	208,96
CA17A4	30,97	255,87	310,10	17,49	323,5	1022	316,54	2,076	310,10
SE4C4	45,13	153,23	190,88	19,73	410	2134	192,13	0,654	190,88
CA17E10	26,14	241,61	298,34	19,01	233,5	773	302,07	1,250	298,34
CA17E1	35,21	214,72	264,71	18,88	294	1196	245,82	7,136	264,71
JCC6	18,71	195,18	239,13	18,38	132	557	236,98	0,897	239,13
GAD3	27,32	211,37	290,35	27,20	303,5	1070	283,64	2,309	290,35
GAD1	25,63	235,21	280,69	16,20	235	835	281,44	0,266	280,69
AMA1	26,41	207,55	281,74	26,33	228	1019	223,75	20,583	223,75
SPC6	29,93	256,74	216,39	18,64	198,5	913	217,42	0,474	216,39
SPE7	23,43	295,20	241,75	22,11	231,5	842	274,94	13,729	241,75
SPE10	33,41	235,32	280,52	16,11	389	1365	284,98	1,591	280,52
C6A9	40,88	154,17	184,34	16,37	235	1265	185,77	0,776	184,34
C6B5	40,08	251,26	298,86	15,93	422	1407	299,93	0,358	298,86
C6D1	25,75	346,08	441,61	21,63	331	752	440,16	0,328	441,61
C6C4	38,19	217,43	276,26	21,29	273	992	275,20	0,383	276,26
C6D3	26,66	328,70	408,41	19,52	385,5	943	408,80	0,096	408,41
C6C3	39,75	206,21	255,50	19,29	325	1280	253,91	0,624	255,50
C6C2	37,22	246,26	293,06	15,97	367,5	1294	284,00	3,090	293,06
C6E1	38,61	224,83	709,02	68,29	365,5	1533	238,42	66,373	238,42
C6D8	25,53	360,27	485,29	25,76	331	675	490,37	1,047	485,29
C6D6	27,10	340,30	452,05	24,72	331	757	437,25	3,273	452,05
C6E3	36,89	203,26	241,37	15,79	315	1303	241,75	0,157	241,37
SE4D2	21,97	215,20	256,48	16,09	335	1353	247,60	3,463	256,48
CA12B1	46,97	203,23	144,16	40,97	335,5	1635	205,20	42,341	205,20
CA12D3	24,81	244,24	307,80	20,65	227,5	745	305,37	0,790	307,80
CA12E8	25,68	242,29	298,84	18,92	230	773	297,54	0,434	298,84
CA12E1	24,12	303,97	364,60	16,63	257	710	361,97	0,721	364,60
CA12E6	22,60	294,26	350,92	16,15	228,5	650	351,54	0,176	350,92
CA12D1	32,85	241,90	287,13	15,75	301,5	1060	284,43	0,939	287,13

Valores corregidos señalados en verde en las columnas *DIF 2 (%)* y *Valor final*



Valores a revisar marcados en rojo en las columnas correspondientes a cada anomalía. Resultado de la corrección en verde en las mismas columnas.

63



**Valores a revisar marcados en rojo en las columnas correspondientes a cada anomalía. Resultado de la corrección en verde en las mismas columnas.**



## Anexo I.IV. – Listado y resultados de la depuración del tipo de porosidad (TP)

### ESTADILLO DE DEPURACIÓN DE TIPO DE POROSIDAD

FECHA: ABRIL 2014 OPERARIO: DAVID BENITO LABORATORIO CORCHO INIA -CIFOR

CLAVE	CALIDAD_VISUAL	CALIBRE_MEDIO_2011	CP	TP2000	TP2011	SALTOS_TP	CORRECCIÓN
SE4A8	4	29,02	5,26	D	A	3	A
SE4C6	3	35,50	5,26	E	B	3	B
SE4C8	5	34,55	8,15	D	A	3	A
SE4D2	5	21,97	5,47	D	A	3	B
SE9E6	5	27,07	7,62	D	A	3	C
CA12D3	R	24,81	10,59	E	B	3	C
CA12D4	7	24,62	10,33	E	B	3	C
CA12E6	R	22,60	15,09	E	B	3	C
SE5C2	7	25,77	13,01	E	B	3	E
SE5D1	6	24,97	6,72	E	B	3	B
SE5E6	5	32,61	7,20	E	B	3	B
SE8A1	2	30,02	5,47	D	A	3	A
SE8A6	7	22,10	8,39	E	B	3	B
SE8A9	R	25,93	7,26	E	B	3	B
SE8B7	7	33,97	9,10	E	B	3	D
SE8D5	7	41,27	10,07	B	F	4	F
SE10A2	R	19,13	11,44	E	B	3	F
SE10A6	7	24,04	8,43	B	E	3	E
SE10B7	R	17,42	18,71	E	B	3	F
SE10B10	R	30,47	14,96	E	B	3	F
SE10D8	R	17,91	8,36	E	A	4	C
CA3A4	4	31,50	3,06	D	A	3	A
CA3A5	4	31,05	2,68	D	A	3	A
JCB5	R	25,23	9,27	E	B	3	C
JCD1	R	20,20	10,50	E	B	3	C
JCE5	R	32,24	11,34	A	D	3	C
AMA7	5	28,93	10,75	E	B	3	C
C6E7	5	40,08	5,53	E	B	3	B

Valores corregidos marcados en verde en la columna **CORRECCIÓN**.



## Anexo I.V. – Listado y resultados de la depuración del coeficiente de porosidad (CP)

CLAVE	CALIDAD VISUAL	CALIBRE MEDIO	COEF. POROSIDAD	VIENTRE	RASPA	LEÑO HORIZONTAL	LEÑO VERTICAL	EXFOLIACIÓN	INSECTOS	RAJADO	VERDE	TERROSO	MANCHA AMARILLA	OTRAS MANCHAS	TIPO DE POROSIDAD	CORRECCIÓN
SE4D3	R	24,17	19,97	1	2	0	1	0	0	2	0	0	0	2	B	CP, 6.97
SE9D6	4	47,02	11,42	1	1	0	1	0	2	0	0	0	0	1	B	CP* (hay galerías), 7.75
CA12B7	6	39,88	11,86	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	2	B	C
CA12D2	6	31,26	12,59	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	B	C
CA12D6	7	27,59	12,95	1	1	0	2	0	0	1	0	0	0	2	B	C
SE5A3	5	33,75	11,92	1	1	1	2	0	0	1	0	0	0	2	B	
SE5C9	7	28,50	13,99	1	1	1	2	0	0	2	0	0	0	2	B	CP, 12.92
SE8A4	R	29,57	17,64	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	A	CP* (hay galerías), 3,73
SE10D1	R	16,00	12,47	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	B	C
SE10D4	7	21,94	12,87	1	1	1	1	0	0	2	0	0	0	1	B	C
SE10D5	R	18,77	12,04	1	2	1	1	0	1	1	0	0	0	1	B	
SE10D10	R	21,00	13,07	1	2	1	2	0	0	2	0	0	0	2	B	
CA3D5	R	28,96	11,20	1	1	1	1	1	2	1	0	0	0	2	B	
CA10A8	7	28,37	12,03	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	B	CP (raja), 9.36
CA10E8	R	32,78	16,22	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	B	
CA8A7	7	31,67	12,13	1	1	1	1	0	0	2	0	0	0	2	B	
CA8D2	R	23,99	12,10	1	2	1	1	1	0	1	0	0	0	2	B	
CA8D7	R	18,71	15,10	2	2	1	1	0	1	1	0	0	0	2	B	C
CA8D8	R	26,43	14,72	2	1	1	1	0	1	2	0	0	0	2	B	CP* (galerías), 11.69
CA17A10	6	30,93	11,49	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	2	B	
CA17B2	R	19,25	13,12	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	B	C
CA17E1	R	35,21	11,88	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	B	C
CA18A2	R	26,26	12,11	1	2	2	1	0	1	1	0	0	0	1	B	
CA18A3	R	24,77	11,14	1	2	1	1	0	2	1	0	0	0	2	B	C
CA18B2	5	33,61	11,17	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	2	B	
CA18B4	R	29,98	11,51	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	2	B	
CA18B6	R	22,72	12,22	1	1	1	1	0	2	1	1	0	0	2	B	
CA18B7	R	28,62	19,90	1	1	1	1	1	2	1	1	0	0	2	B	C
CA18B9	7	35,83	13,20	1	1	1	1	1	1	1	2	0	0	2	B	
CA18D10	5	34,39	12,16	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	B	
SPA1	6	30,24	11,41	1	1	0	1	0	2	1	1	0	0	2	B	
C6D9	R	24,40	15,18	1	2	1	2	0	0	1	1	0	0	2	B	C, CP* (galerías), 15.49
C6D10	R	22,18	31,90	2	1	2	2	0	0	1	1	0	0	2	B	C, CP (mal), 18.36
C6E1	6	38,61	15,22	1	1	1	1	0	2	1	2	0	0	2	B	CP* (galerías), 13.88

\*Coeficientes de porosidad excluyendo del cálculo las galerías.

En verde, se identifica la variable que causa la discrepancia (COEF. POROSIDAD o TIPO DE POROSIDAD).



CAJA	CLAVE	CALIDAD VISUAL	CALIBRE	COEF. POROSIDAD	VIENTRE	RASPA	LEÑO HORIZONTAL	LEÑO VERTICAL	EXFOLIACIÓN	INSECTOS	RAJADO	VERDE	TERROSO	MANCHA AMARILLA	OTRAS MANCHAS	TIPO DE POROSIDAD	CORRECCIÓN
ECO4	SE4E4	6	45,93	8,50	1	1	0	0	0	0	2	0	1	0	1	F	C
ECO4	SE4E9	6	45,06	8,63	2	1	0	1	0	0	2	0	1	0	2	F	D
ECO4	SE9A5	R	38,23	7,77	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	F	B
ECO 6	SE9D1	5	41,21	7,52	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	F	D
ECO 6	SE9D5	3	46,16	5,00	1	1	0	1	0	1	2	0	1	0	1	F	A
ECO 8	CA12B1	7	46,97	0,00	2	2	0	2	1	0	1	2	0	0	2	F	10,90
ECO 12	SE5E5	5	38,31	7,54	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	F	B
ECO 13	SE5E7	5	39,75	7,35	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	F	B
ECO 13	SE5E9	5	40,81	7,62	1	1	1	1	0	0	2	0	0	0	2	F	B
ECO 13	SE5E10	6	36,13	8,41	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	2	F	B
ECO 15	SE8D6	6	41,89	7,61	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	F	D
ECO 15	SE8D9	R	41,96	9,23	1	1	1	1	0	0	2	0	0	0	1	F	D
ECO 16	SE10A6	7	24,04	8,43	1	1	1	2	0	0	1	0	0	0	1	F	C
ECO 20	CA3D7	R	34,86	9,04	1	1	0	1	1	f	2	0	0	0	2	F	D
ECO 20	CA3E4	R	34,49	7,85	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	F	D
ECO 21	CA3E6	7	38,93	6,65	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	2	F	D
ECO 21	CA3E7	R	39,97	8,79	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	F	D
ECO 23	CA24A2	7	42,80	7,06	1	2	0	1	1	0	1	1	0	0	2	F	D
ECO 38	SPA10	7	43,90	5,99	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	2	F	D
ECO 38	SPC5	7	43,58	6,84	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	2	F	D

En verde, se identifica la variable que causa la discrepancia (COEF. POROSIDAD o TIPO DE POROSIDAD).

## Anexo II – Resultados del análisis estadístico

### Anexo II.I. Resultados del Test de Levene

Para nivel de significación del 95% ( $\alpha=0,05$ )

**Variable:** CALIBRE

**Factor:** NÚMERO DE FINCA

	Test	P-Value
Levene's	2,98344	0,0000492453

P-Valor  $< \alpha$

Existen diferencias significativas entre las desviaciones típicas. Heterocedasticidad.

**Variable:** COEF. DE POROSIDAD

**Factor:** NÚMERO DE FINCA

	Test	P-Value
Levene's	9,27785	0,0

P-Valor  $< \alpha$

Existen diferencias significativas entre las desviaciones típicas. Heterocedasticidad.

**Variable:** DENSIDAD VOLUMÉTRICA

**Factor:** NÚMERO DE FINCA

	Test	P-Value
Levene's	17,5128	0,0

P-Valor  $< \alpha$

Existen diferencias significativas entre las desviaciones típicas. Heterocedasticidad.

**Variable:** DENSIDAD SUPERFICIAL

**Factor:** NÚMERO DE FINCA

	Test	P-Value
Levene's	1,29405	0,188647

P-Valor  $> \alpha$

No existen diferencias significativas entre las desviaciones típicas. Homocedasticidad.

### Anexo II.II. – Resultados del análisis preliminar

Variable: CALIBRE

Número de muestras: 772

Número de *outliers* detectados: 0

Probeta	Valor	Resultado revisión
---------	-------	--------------------

Variable: COEF. DE POROSIDAD

Número de muestras: 772

Número de *outliers* detectados: 5

Probeta	Valor	Resultado revisión
---------	-------	--------------------

C6B4	29,77	Valor correcto
SE9A7	33,99	Valor correcto
C6D4	34,39	Valor correcto
C6D6	38,38	Valor correcto
C6D8	51,78	Valor correcto

Variable: DENSIDAD VOLUMÉTRICA

Número de muestras: 772

Número de *outliers* detectados: 5

Probeta	Valor	Resultado revisión
---------	-------	--------------------

C6D10	423,32	Valor correcto
C6D7	427,76	Valor correcto
C6D6	437,25	Valor correcto
C6D1	440,16	Valor correcto
C6D8	490,37	Valor correcto





Variable: DENSIDAD SUPERFICIAL      Número de muestras: 772      Número de *outliers* detectados: 5

Probeta	Valor	Resultado revisión
CA8E1	13,06	Valor correcto
C6B6	13,31	Valor correcto
CA24D6	14,50	Valor correcto
CA24D2	14,90	Valor correcto
CA24D1	15,41	Valor correcto

### Anexo II.III. – Resultados completos del análisis descriptivo de variables continuas por parcela de origen

#### Parcela AM

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	35	35	35	35
Media muestral $\bar{x}$	33,6364	4,4433	209,3390	8,1754
Mediana <i>M<sub>e</sub></i>	32,6733	3,8034	203,7680	8,0000
Desviación estándar <i>S</i>	5,0488	2,2156	16,6113	1,4292
Coefficiente de variación <i>CV</i>	15,0101%	49,8649%	7,9351%	17,4819%
Mínimo <i>min</i>	25,0700	1,9708	185,4400	6,0700
Máximo <i>max</i>	43,5800	10,7515	254,1860	10,9000
Rango <i>R</i>	18,5100	8,7807	68,7453	4,8300
Sesgo estandarizado	1,02006	3,7653	1,5079	1,2757
Curtosis estudiada	-0,904953	2,1219	-0,0165	-1,0019

#### Parcela GA

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	35	35	35	35
Media muestral $\bar{x}$	40,4297	10,6076	227,9960	7,8897
Mediana <i>M<sub>e</sub></i>	42,1333	9,7410	232,6820	7,4700
Desviación estándar <i>S</i>	7,5659	2,7309	27,3454	1,7998
Coefficiente de variación <i>CV</i>	18,7136%	25,7447%	11,9938%	22,8122%
Mínimo <i>min</i>	25,6333	5,1818	180,8730	5,2100
Máximo <i>max</i>	52,8667	17,3830	283,6400	12,5200
Rango <i>R</i>	27,2333	12,2012	102,7607	7,3100
Sesgo estandarizado	-1,5888	1,8563	0,7174	1,7423
Curtosis estudiada	-0,7104	0,2091	-0,5721	-0,1190



Parcela JC

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	34	34	34	34
Media muestral $\bar{x}$	26,5863	9,5899	262,7600	7,9709
Mediana <i>Me</i>	25,8100	9,3838	262,3560	7,8450
Desviación estándar <i>S</i>	4,8213	3,6256	23,2493	1,3077
Coefficiente de variación <i>CV</i>	18,1346%	37,8064%	8,8481%	16,4057%
Mínimo <i>min</i>	18,7067	4,5198	227,7090	5,7100
Máximo <i>max</i>	38,7067	18,5016	310,6240	10,9500
Rango <i>R</i>	20,0000	13,9819	82,9150	5,2400
Sesgo estandarizado	0,9226	2,1075	0,6628	0,4624
Curtosis estudiada	0,1601	0,5621	-1,0607	-0,5320

Parcela SP

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	35	35	35	35
Media muestral $\bar{x}$	36,0992	7,5539	222,9590	8,4389
Mediana <i>Me</i>	35,2367	7,3293	217,4200	8,1700
Desviación estándar <i>S</i>	7,9612	2,8643	22,4636	1,8457
Coefficiente de variación <i>CV</i>	22,0536%	37,9179%	10,0752%	21,8716%
Mínimo <i>min</i>	23,4300	2,7764	190,3990	5,1400
Máximo <i>max</i>	56,4733	15,7314	284,9800	13,0600
Rango <i>R</i>	33,0433	12,9550	94,5813	7,9200
Sesgo estandarizado	1,2465	1,3131	3,8344	1,6414
Curtosis estudiada	0,0554	0,6706	2,4965	0,8291

Parcela SE4

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	50	50	50	50
Media muestral $\bar{x}$	36,9906	9,2439	216,2300	8,0862
Mediana <i>Me</i>	39,0500	8,5483	211,0200	8,0900
Desviación estándar <i>S</i>	7,7148	3,3443	19,0794	1,5293
Coefficiente de variación <i>CV</i>	20,8560%	36,1783%	8,8237%	18,9120%
Mínimo <i>min</i>	21,9733	3,9325	182,6460	5,1300
Máximo <i>max</i>	49,8567	18,3938	268,1360	13,3100
Rango <i>R</i>	27,8833	14,4613	85,4892	8,1800
Sesgo estandarizado	-1,8767	2,6248	2,5950	2,0688
Curtosis estudiada	-0,9418	0,5037	0,4586	2,7325



Parcela SE5

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	50	50	50	50
Media muestral $\bar{x}$	33,0461	9,4352	237,5600	7,9056
Mediana <i>Me</i>	32,9183	9,5601	238,0500	7,5300
Desviación estándar <i>S</i>	4,9355	2,3467	22,9241	1,7623
Coefficiente de variación <i>CV</i>	14,9351%	24,8720%	9,6498%	22,2920%
Mínimo <i>min</i>	22,3667	4,0208	182,3530	5,2600
Máximo <i>max</i>	41,2500	13,7775	317,1200	12,7800
Rango <i>R</i>	18,8833	9,7567	134,7670	7,5200
Sesgo estandarizado	-0,5772	-0,2910	1,6143	2,5428
Curtosis estudiada	-1,2842	-0,9733	2,7945	0,5415

Parcela SE8

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	51	51	51	51
Media muestral $\bar{x}$	35,4042	7,0946	204,6130	8,1339
Mediana <i>Me</i>	36,5167	6,6686	198,8700	7,8100
Desviación estándar <i>S</i>	6,2834	2,33745	21,6232	1,6566
Coefficiente de variación <i>CV</i>	17,7477%	32,9469%	10,5678%	20,3670%
Mínimo <i>min</i>	22,1000	2,90957	155,4620	5,9600
Máximo <i>max</i>	45,4433	17,638	258,7940	12,7700
Rango <i>R</i>	23,3433	14,7284	103,3320	6,8100
Sesgo estandarizado	-0,7749	5,43939	1,3503	2,7696
Curtosis estandarizada	-1,7107	10,33	0,5170	0,4694

Parcela SE9

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	35	35	35	35
Media muestral $\bar{x}$	38,8426	8,7567	214,8090	8,3666
Mediana <i>Me</i>	38,7967	7,2865	205,9000	7,6800
Desviación estándar <i>S</i>	7,2571	5,1910	30,1256	1,9402
Coefficiente de variación <i>CV</i>	18,6834%	59,2804%	14,0244%	23,1895%
Mínimo <i>min</i>	25,5900	4,7788	178,3160	5,3100
Máximo <i>max</i>	51,0833	33,9952	279,4120	12,9200
Rango <i>R</i>	25,4933	29,2164	101,0950	7,6100
Sesgo estandarizado	-0,2993	8,8286	1,8214	0,8611
Curtosis estandarizada	-1,0561	20,0538	-0,8735	-0,8391



Parcela SE10

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	48	48	48	48
Media muestral $\bar{x}$	28,9580	10,9457	286,0240	8,2094
Mediana <i>M<sub>e</sub></i>	28,2183	10,1972	299,9760	8,3550
Desviación estándar <i>S</i>	9,2804	3,7482	67,2036	1,6282
Coefficiente de variación <i>CV</i>	32,0477%	34,2433%	23,4958%	19,8338%
Mínimo <i>min</i>	14,8667	5,1914	188,7160	4,8500
Máximo <i>max</i>	51,2567	19,8852	386,0370	12,1200
Rango <i>R</i>	36,3900	14,6938	197,3210	7,2700
Sesgo estandarizado	1,6236	1,7492	-0,2625	0,1953
Curtosis estandarizada	-0,3597	-0,5949	-2,2898	-0,5298

Parcela C3

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	50	50	50	50
Media muestral $\bar{x}$	36,4087	7,3929	194,2590	8,3982
Mediana <i>M<sub>e</sub></i>	35,5833	6,2876	193,7180	8,1600
Desviación estándar <i>S</i>	5,3361	3,3240	17,5178	1,8539
Coefficiente de variación <i>CV</i>	14,6560%	44,9618%	9,0178%	22,0751%
Mínimo <i>min</i>	25,3933	2,5112	144,8330	4,4300
Máximo <i>max</i>	48,8367	15,2705	239,1300	12,6300
Rango <i>R</i>	23,4433	12,7594	94,29780	8,2000
Sesgo estandarizado	0,8441	2,0275	0,1933	0,7414
Curtosis estandarizada	-0,6013	-0,5838	1,5019	-0,7334

Parcela C6

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	50	50	50	50
Media muestral $\bar{x}$	36,5460	15,9159	280,8240	7,5220
Mediana <i>M<sub>e</sub></i>	38,1767	15,6827	255,8310	7,3050
Desviación estándar <i>S</i>	6,5416	9,5021	78,4186	1,4903
Coefficiente de variación <i>CV</i>	17,9000%	59,7021%	27,9245%	19,8124%
Mínimo <i>min</i>	22,1033	4,0314	179,1640	4,1600
Máximo <i>max</i>	48,9133	51,7859	490,3700	10,7600
Rango <i>R</i>	26,8100	47,7545	311,2060	6,6000
Sesgo estandarizado	-1,9986	3,9425	3,0208	0,5359
Curtosis estandarizada	0,1707	4,5516	0,2293	-0,6596



Parcela C8

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	50	50	50	50
Media muestral $\bar{x}$	30,5779	9,8544	274,5140	8,1874
Mediana <i>M<sub>e</sub></i>	29,9517	9,3980	253,3400	8,1400
Desviación estándar <i>S</i>	5,3388	5,4293	59,3663	1,9846
Coefficiente de variación <i>CV</i>	17,4595%	55,0951%	21,6260%	24,2393%
Mínimo <i>min</i>	18,7133	2,4077	200,9390	4,7400
Máximo <i>max</i>	44,8200	26,2196	398,8820	15,4100
Rango <i>R</i>	26,1067	23,8119	197,9430	10,6700
Sesgo estandarizado	1,3532	2,5440	1,2094	3,4988
Curtosis estandarizada	1,0273	1,0591	-1,7920	4,1011

Parcela C10

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	50	50	50	50
Media muestral $\bar{x}$	30,2835	8,0903	267,8870	7,9492
Mediana <i>M<sub>e</sub></i>	29,9967	6,9742	265,1060	7,8100
Desviación estándar <i>S</i>	5,7713	3,6341	31,3635	1,3218
Coefficiente de variación <i>CV</i>	19,0576%	44,9189%	11,7077%	16,6283%
Mínimo <i>min</i>	19,9367	3,7842	215,1160	5,1400
Máximo <i>max</i>	43,7600	19,4815	343,0900	10,7000
Rango <i>R</i>	23,8233	15,6973	127,9740	5,5600
Sesgo estandarizado	1,4275	3,4465	1,2318	0,0308
Curtosis estandarizada	-0,3057	1,4858	-0,4863	-0,8253

Parcela C12

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	49	49	49	49
Media muestral $\bar{x}$	30,7861	8,2916	266,6340	8,0792
Mediana <i>M<sub>e</sub></i>	30,4333	8,0712	264,5180	7,7200
Desviación estándar <i>S</i>	5,8309	2,8241	38,5619	2,0459
Coefficiente de variación <i>CV</i>	18,9400%	34,0601%	14,4625%	25,3235%
Mínimo <i>min</i>	19,0967	4,5165	201,8030	4,5900
Máximo <i>max</i>	46,9667	15,0907	361,9700	14,9100
Rango <i>R</i>	27,8700	10,5742	160,1670	10,3200
Sesgo estandarizado	2,1157	1,7340	0,8027	4,3512
Curtosis estandarizada	0,6357	-0,6133	-0,3618	4,7279



Parcela C16

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	30	30	30	30
Media muestral $\bar{x}$	34,8562	7,2981	233,6830	8,3997
Mediana <i>M<sub>e</sub></i>	33,6850	6,4140	223,9180	8,4850
Desviación estándar <i>S</i>	8,0276	3,3524	43,9556	1,7983
Coefficiente de variación <i>CV</i>	23,0307%	45,9348%	18,8099%	21,4085%
Mínimo <i>min</i>	24,9733	3,3362	178,9120	5,2600
Máximo <i>max</i>	48,8833	20,7016	388,4500	12,3700
Rango <i>R</i>	23,9100	17,3653	209,5390	7,1100
Sesgo estandarizado	0,8861	5,2103	4,0309	0,1872
Curtosis estandarizada	-1,3297	8,9762	4,8398	-0,7866

Parcela C17

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	50	50	50	50
Media muestral $\bar{x}$	30,2443	9,7920	269,0280	7,8198
Mediana <i>M<sub>e</sub></i>	29,9033	9,4156	267,2990	7,9000
Desviación estándar <i>S</i>	6,1691	2,7563	25,6428	1,3669
Coefficiente de variación <i>CV</i>	20,3976%	28,1482%	9,5316%	17,4801%
Mínimo <i>min</i>	13,2433	3,2724	230,7060	4,9400
Máximo <i>max</i>	44,0433	18,8984	337,7780	11,9000
Rango <i>R</i>	30,8000	15,6261	107,0720	6,9600
Sesgo estandarizado	-0,3378	1,5083	1,1861	0,7457
Curtosis estandarizada	0,4838	2,3559	-0,3874	0,8527

Parcela C18

Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	36	36	36	36
Media muestral $\bar{x}$	27,2973	9,6468	281,5150	7,8503
Mediana <i>M<sub>e</sub></i>	25,4850	8,9813	278,5590	7,8200
Desviación estándar <i>S</i>	5,1890	2,8928	26,2666	1,1788
Coefficiente de variación <i>CV</i>	19,0093%	29,9876%	9,3304%	15,0153%
Mínimo <i>min</i>	20,1233	5,0729	227,8060	5,3900
Máximo <i>max</i>	40,1000	19,9029	352,0230	10,4500
Rango <i>R</i>	19,9767	14,8300	124,2170	5,0600
Sesgo estandarizado	1,3998	3,0757	1,5977	-0,1621
Curtosis estandarizada	-0,8311	3,8952	1,3921	0,5084

### Parcela C24

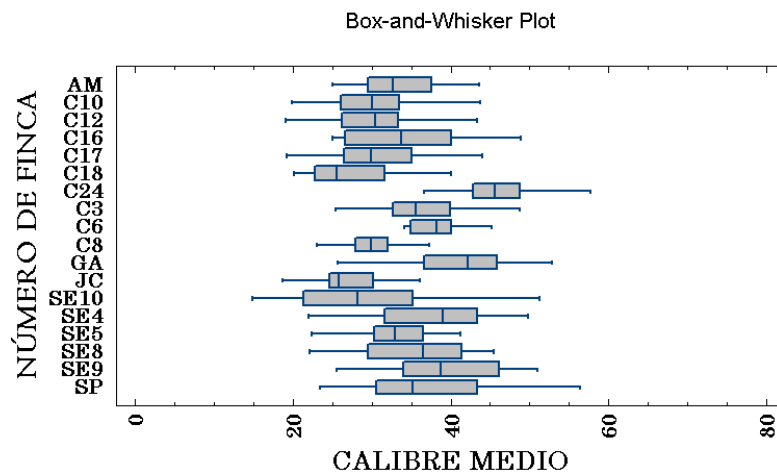
Estadístico Variable	Calibre (mm)	Coefficiente de Porosidad (%)	Densidad Volumétrica (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Superficial (Kg/m <sup>2</sup> )
Tamaño de la muestra <i>n</i>	34	34	34	34
Media muestral $\bar{x}$	46,9451	10,6724	222,5220	8,0088
Mediana <i>Me</i>	45,5873	9,6691	221,6200	7,6950
Desviación estándar <i>S</i>	6,5099	4,3162	20,3250	1,7102
Coefficiente de variación <i>CV</i>	13,8670%	40,4425%	9,1339%	21,3540%
Mínimo <i>min</i>	36,5833	4,7966	186,1700	5,0100
Máximo <i>max</i>	61,7900	21,2495	259,4140	11,8500
Rango <i>R</i>	25,2067	16,4528	73,2440	6,8400
Sesgo estandarizado	1,9333	2,0144	0,1755	1,0089
Curtosis estandarizada	0,0176	-0,0560	-1,3504	-0,1025

### Anexo II.IV. – Resultados completos del análisis de la varianza – Test de Kuskal-Wallis.

#### Kruskal-Wallis Test for CALIBRE MEDIO by NÚMERO DE FINCA

NÚMERO DE FINCA	Sample Size	Average Rank
AM	35	387,7
C10	50	282,1
C12	49	296,153
C16	30	408,383
C17	50	288,13
C18	36	191,514
C24	34	695,147
C3	50	472,41
C6	50	474,03
C8	50	292,84
GA	35	565,929
JC	34	171,985
SE10	48	257,49
SE4	50	482,57
SE5	50	370,31
SE8	51	440,069
SE9	35	525,4
SP	35	444,271

Test statistic = 244,217 P-Value = 0,0

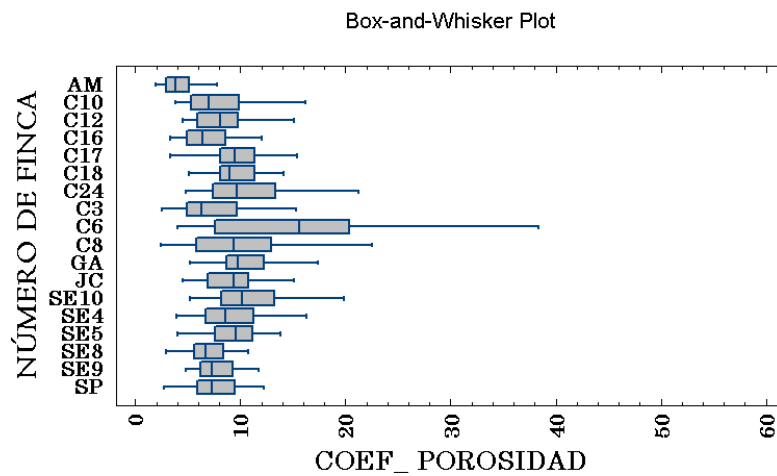


**Kruskal-Wallis Test for COEF\_ POROSIDAD by NÚMERO DE FINCA**

NÚMERO DE FINCA	Sample Size	Average Rank
AM	35	101,886
C10	50	320,72
C12	49	352,388
C16	30	271,133
C17	50	464,68
C18	36	448,167
C24	34	469,118
C3	50	287,26
C6	50	560,24
C8	50	408,8
GA	35	510,343
JC	34	424,824
SE10	48	500,563
SE4	50	406,82
SE5	50	446,04
SE8	51	266,725
SE9	35	338,886
SP	35	308,629

Test statistic = 173,766 P-Value = 0,0

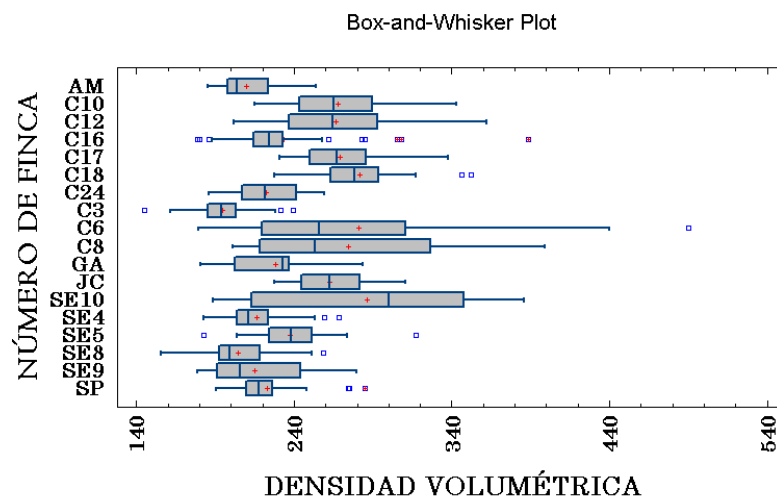




**Kruskal-Wallis Test for DENSIDAD VOLUMÉTRICA by NÚMERO DE FINCA**

NÚMERO DE FINCA	Sample Size	Average Rank
AM	35	201,743
C10	50	542,07
C12	49	520,48
C16	30	336,483
C17	50	556,62
C18	36	604,986
C24	34	295,559
C3	50	108,3
C6	50	492,46
C8	50	499,99
GA	35	327,114
JC	34	532,471
SE10	48	516,604
SE4	50	248,97
SE5	50	395,5
SE8	51	174,471
SE9	35	233,629
SP	35	293,429

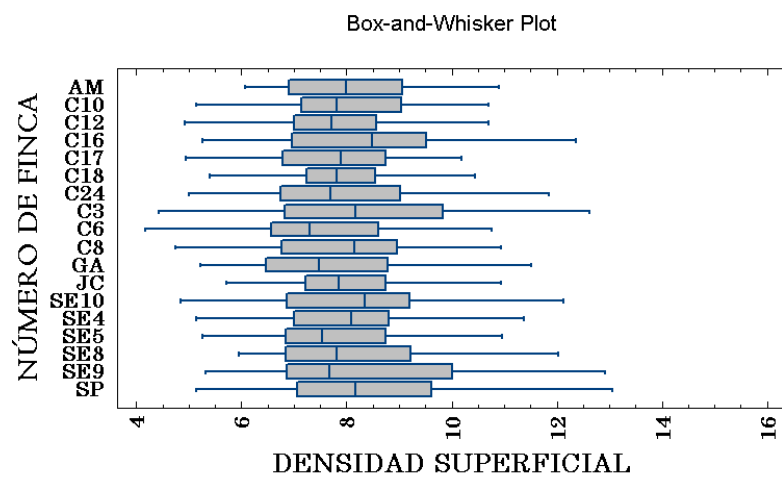
Test statistic = 360,055 P-Value = 0,0



**Kruskal-Wallis Test for DENSIDAD SUPERFICIAL by NÚMERO DE FINCA**

NÚMERO DE FINCA	Sample Size	Average Rank
AM	35	404,671
C10	50	383,82
C12	49	369,52
C16	30	434,15
C17	50	363,75
C18	36	372,819
C24	34	379,941
C3	50	426,95
C6	50	320,09
C8	50	393,8
GA	35	351,757
JC	34	385,015
SE10	48	415,719
SE4	50	398,07
SE5	50	353,8
SE8	51	385,461
SE9	35	416,286
SP	35	432,714

Test statistic = 13,7252 P-Value = 0,686446





## Anexo III – Resultados de la validación de modelos

### Anexo III.I. - Listado de revisión de probetas con discrepancias en la validación de modelos

#### *Listado de piezas para el modelo 2TC*

I		II		III	
p	m	p	m	p	m
SE5E2	SE4D3	SE4C3	SE8A8	SE9A6	SE4E10
CA17D1	SE9A5	SE4E5	SE8C1	CA12B1	CA12E6
GAD5	CA12B6	SE9D10	SE10A2	SE5A6	CA3D7
C6B7	CA12D3	CA12B2	SE10B3	SE5B9	CA3D9
C6B8	CA12D5	SE5C2	SE10D5	SE10C7	CA8A4
C6B10	CA12E1	SE5C5	SE10D10	SE10C10	CA8D4
C6C7	CA12E2	SE8D5	CA3D8	CA10C7	CA8D7
	CA12E5	SE8E3	CA24C8	CA8E7	CA17C3
	SE8A9	SE10B4	CA24D7	CA8E9	CA17D7
	SE8D9	CA10E4	CA8A6	CA17D5	CA17D9
	SE10A4	CA24D1	CA8A8	GAA4	CA18B6
	SE10A10	CA8E2	CA8B1	GAA8	JCC4
	SE10D1	CA18B1	CA8B6	GAC10	GAD3
	SE10D6	CA18B5	CA8B8	GAD7	GAD6
	SE10D7	CA18B9	CA8D2	GAE10	C6C1
	SE10D8	JCC5	CA17B9	C6A3	C6D1
	SE10E8	GAB7	CA17C2		
	CA3D10	C6B9	CA17C7		
	CA3E4	C6E1	CA17D3		
	CA3E7	C6E2	CA17D6		
	CA10A5		CA18A2		
	CA10D6		CA18A3		
	CA10D7		CA18B4		
	CA10D9		JCB1		
	CA10D10		JCC10		
	CA8B2		JCD1		
	CA8B4		JCD2		
	CA8B7		JCD9		
	CA8B9		JCE4		
	CA8B10		JCE10		
	CA8D6		C6D9		
	CA8E1				
	CA16C5				
	CA16D6				
	CA17A6				
	CA17B1				
	CA17B5				
	CA17B7				
	CA17B8				
	CA17C4				
	CA17C5				
	CA17C6				



I		II		III	
p	m	p	m	p	m
	CA17C8				
	CA17D2				
	CA17D8				
	CA17E1				
	CA17E4				
	CA17E5				
	CA17E6				
	CA17E8				
	CA17E10				
	CA18A1				
	CA18A4				
	CA18A6				
	CA18E8				
	JCB2				
	JCB5				
	JCB6				
	JCB7				
	JCB9				
	JCC6				
	JCC8				
	JCD6				
	JCE3				
	JCE7				
	JCE9				
	GAE9				

Listado de piezas para el modelo 2TR

I		II		III	
p	m	p	m	p	m
SE8E3	SE4D3	SE9D10	SE4D5	CA12B10	SE10B3
C6B7	SE4D9	SE9E9	CA12E7		CA10A9
	SE4D10	SE5A6	SE8A8		CA24D10
	SE4E6	SE5C2	SE8D9		CA8B8
	SE4E10	SE5C5	SE10B9		CA17A5
	SE9A5	SE10C7	SE10D8		CA17C7
	CA12B6	SE10C10	CA3D4		CA17D6
	CA12D3	CA17D1	CA3D5		JCE5
	CA12D5	CA18B1	CA3D7		JCE10
	CA12E1	C6A3	CA3D9		C6C2
	CA12E2		CA10D6		C6C5
	CA12E5		CA10D10		C6D4
	CA12E6		CA10E5		C6D5
	SE8A4		CA10E6		C6D7
	SE8A9		CA24D9		
	SE10A2		CA8A6		
	SE10A4		CA8A8		
	SE10A5		CA8B1		



I		II		III	
p	m	p	m	p	m
	SE10A10		CA8B2		
	SE10B5		CA8B5		
	SE10B7		CA8B6		
	SE10B10		CA8D1		
	SE10D1		CA8D6		
	SE10D2		CA8D8		
	SE10D5		CA8D9		
	SE10D6		CA8D10		
	SE10D7		CA17B3		
	SE10D10		CA17B10		
	SE10E8		CA17C2		
	CA3D2		CA17C3		
	CA3D3		CA17C5		
	CA3D6		CA17C6		
	CA3D8		CA17D3		
	CA3D10		CA17D7		
	CA3E2		CA17D9		
	CA3E3		CA18A3		
	CA3E4		CA18B7		
	CA3E5		CA18B8		
	CA3E7		JCC4		
	CA3E8		JCC8		
	CA3E9		JCC9		
	CA3E10		JCC10		
	CA10A5		JCD2		
	CA10D7		JCD6		
	CA10D9		JCD7		
	CA10E8		JCE4		
	CA10E9		GAD6		
	CA24C1		GAE9		
	CA24C4		C6C1		
	CA24C5		C6C6		
	CA24C6		C6C8		
	CA24C8		C6D1		
	CA24D6		C6D8		
	CA24D7				
	CA8A4				
	CA8B4				
	CA8B7				
	CA8B9				
	CA8B10				
	CA8D2				
	CA8D4				
	CA8D7				
	CA8E1				
	CA16C1				
	CA16C5				
	CA16D6				



I		II		III	
p	m	p	m	p	m
	CA17A6				
	CA17B1				
	CA17B2				
	CA17B5				
	CA17B7				
	CA17B8				
	CA17B9				
	CA17C4				
	CA17C8				
	CA17D2				
	CA17D8				
	CA17E1				
	CA17E4				
	CA17E5				
	CA17E6				
	CA17E8				
	CA17E10				
	CA18A1				
	CA18A2				
	CA18A4				
	CA18A6				
	CA18B4				
	CA18B6				
	CA18E8				
	JCB1				
	JCB2				
	JCB5				
	JCB6				
	JCB7				
	JCB9				
	JCC6				
	JCD1				
	JCD9				
	JCE3				
	JCE7				
	JCE9				
	GAD3				
	C6C3				
	C6C4				
	C6C9				
	C6D3				
	C6D9				
	C6D10				
	C6E6				

### Anexo III.II. - Variable DEFECTOS>20%

Como ha sido desarrollado en el apartado 4.3. de este trabajo, los modelos de García de Ceca (2001) fueron validados para corcho de procedencia nacional. Sin embargo, se pudieron identificar distintas limitaciones susceptibles de mejora, que dieron lugar a los modelos modificados (o revisados) 2TCV2 y 2TRV2. Para ello, se implementaron una serie de funciones lógicas atendiendo a criterios de naturaleza industrial, comercial y científica.

Una de las deficiencias detectadas en el modelo fue la clasificación como corcho taponable de piezas que, sin presentar altos valores para ninguna anomalía conforme a los criterios empleados, sí presentaban tal número de anomalías y/o en tal cantidad que debían ser clasificadas como refugo, ante su escasa aptitud para la transformación industrial.

Era, por ejemplo, el caso de algunas piezas con tantas de galerías de insectos que no presentaban casi superficie de corcho en la sección estudiada, pero que no clasificaban como refugo debido a que sólo presentaban esa anomalía (aunque fue en su grado máximo, esto es, 2) y que quedaba contrarrestada por buenos valores de calibre o tipo de porosidad.

Así, fue implementada una nueva variable, que se denominó DEFECTOS>20%. Se trata de una variable lógica, que admite dos valores, y que se define de la siguiente forma:

- DEFECTOS>20% = SI, cuando la pieza estudiada presente anomalías en más de un 20% de su superficie (la superficie suberosa de la sección sea menor del 80%).
- DEFECTOS>20% = NO, cuando la pieza presente más de un 80% de su superficie ocupada por corcho sin anomalías (la superficie ocupada por anomalías sume menos de 1/5 de la superficie total de la sección).

Al tratarse de un nueva variable, se tuvieron que valorar una a una todas las probetas (mediante la imagen digital de su sección transversal), incluyendo este dato en cada registro de la base de datos de la muestra ECO.

A continuación, se muestra una tabla resumen (Tabla 24) de la frecuencia de ocurrencia de esta nueva variable.

	SÍ	NO
Frecuencia absoluta	164	608
Frecuencia relativa	0,212	0,788

**Tabla 24** Frecuencia de ocurrencia de la variable DEFECTOS>20%.





## Anexo IV – Código del programa

---

### Módulo 1 – Ventana Acerca de al iniciar

Sub auto\_open()

MsgBox Chr(10) & "INIA - CIFOR - Laboratorio de Corcho" & Chr(10) & Chr(10) & "Desarrollado por David Benito Lázaro" & Chr(10) & Chr(10) & "(C) INIA-UPM, 2014. Todos los derechos reservados", vbInformation + vbOKOnly, "CORKCLASS 1.0"

End Sub

### Módulo 2 – Ir a Ayuda

Sub IrAAyuda()

Sheets("Ayuda").Select

End Sub

### Módulo 3 – Guardar como

Sub Guardar\_como()

Application.GetSaveAsFilename

End Sub

### Módulo 4 – Cerrar programa

Sub cerrar()

Application.DisplayAlerts = False

Application.Quit

End Sub

### Módulo 5 – Clasificar

Sub Clasificar()

ActiveWindow.SmallScroll Down:=1009

Range("A11:K1010").Select

Range("K1010").Activate

Selection.Copy

Sheets("Código").Select

Range("A4").Select

ActiveSheet.Paste

ActiveWindow.SmallScroll Down:=974

Range("AG4:AH1004").Select

Range("AH1004").Activate

Application.CutCopyMode = False



```
Selection.Copy
Sheets("Clasificador").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-1441
Range("L11").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
Sheets("Código").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-1885
Range("AJ17").Select
ActiveWindow.SmallScroll ToRight:=22
Range("AP4:AP5").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Clasificador").Select
Range("Q18").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
Sheets("Código").Select
Range("AL8:AL9").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Clasificador").Select
Range("Q26").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-3
Range("E1:N2").Select
End Sub
```

## Anexo V - Manual de Usuario

# CORKCLASS 1.0

Software de clasificación de corcho en plancha a partir de sus anomalías

Junio de 2014



Escuela Técnica Superior  
de Ingenieros de Montes  
Universidad Politécnica de Madrid

## DESCRIPCIÓN

*Descripción. Funcionalidad. Ámbito de aplicación. Referencias.*

CorkClass 1.0 es un software de clasificación de corcho en plancha por calidades a partir del calibre - grosor - y de las anomalías o singularidades apreciables en la sección transversal de la probeta.

CorkClass 1.0 trabaja con dos clases de calidad: corcho taponable y refugo. A partir de la valoración de las variables obtenida por el usuario, la aplicación determina a qué clase pertenece la pieza.

Esta clasificación se realiza mediante dos modelos estadísticos (2TC y 2TR) en función de si el usuario dispone o no del valor de coeficiente de porosidad de la sección a clasificar. Permite conocer la proporción de corcho taponable y refugo de una explotación a partir de la clasificación sencilla de una muestra, valorando un grupo de parámetros apreciables en la sección transversal de probetas de 20x20 cm.

El programa ha sido desarrollado por INIA-CIFOR y ETSI MONTES - UPM y validado para muestras procedentes tanto de las distintas regiones de España, como del resto de regiones de procedencia del alcornoque (*Quercus suber* L.), por lo que su ámbito de aplicación es universal.

Puede ampliar esta información, consultando la siguiente bibliografía.

BENITO LÁZARO, D. (2014). Revisión y desarrollo de modelos de clasificación del corcho en plancha. Dpto. Ingeniería Forestal. Madrid, Universidad Politécnica.

GARCÍA DE CECA VALERO, J. L. (2001). Factores que afectan a la calidad del corcho en planchas. Dpto. Economía y Gestión de las Explotaciones e Industrias Forestales. Madrid, Universidad Politécnica.

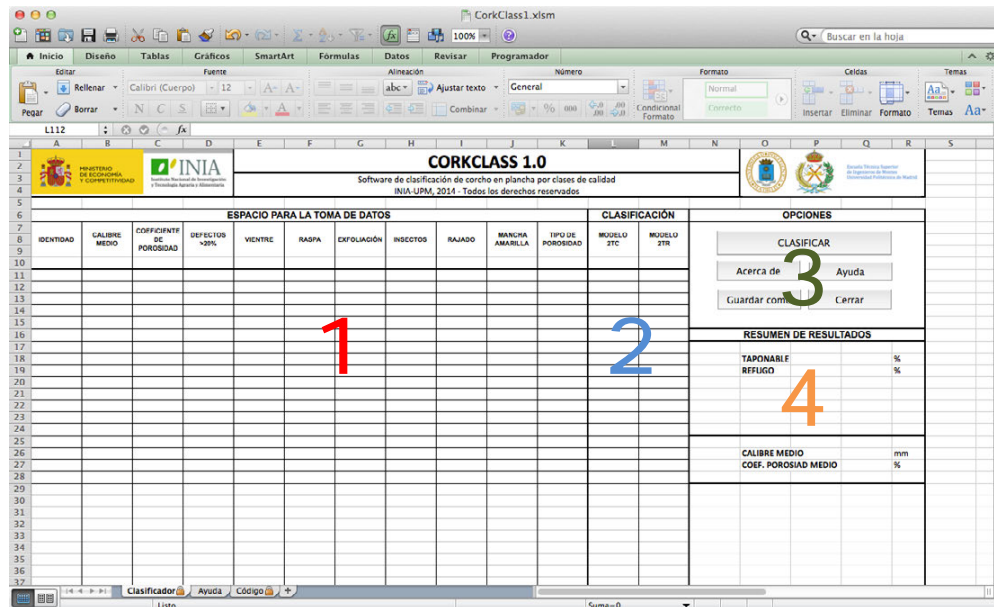
## INTRODUCCIÓN

*Naturaleza de la aplicación. Requisitos del sistema. Instalación. Entorno gráfico y funciones.*

CorkClass 1.0 es un programa de Visual Basic que corre sobre Microsoft Excel®. Es requisito indispensable disponer de este programa para poder ejecutar CorkClass 1.0

Para iniciar el programa sólo es necesario descargar el documento *Corkclass.xlsm* y guardarlo. No es necesario realizar ningún proceso de instalación adicional.

Una vez que iniciemos el programa (abriendo el archivo CorkClass1.xlsm), aparecerá la siguiente pantalla, dividida en distintas áreas: el espacio para la toma de datos -1-, el panel de control de las opciones -2-, los resultados de clasificación -3- y el resumen de dichos resultados (proporción y promedios) -4-.



## USO DEL PROGRAMA

*Inicio. Valoración de anomalías. Clasificación de las probetas.*

### I. Instalación e inicio

1. Descargar el documento *CorkClass.xlsm* desde la web del INIA [www.inia.es](http://www.inia.es) (en caso de haber descargado el documento con anterioridad, ir al paso 2)
2. Abrir el archivo. Se ejecutará Microsoft Excel® y aparecerá una ventana emergente avisándole de que el documento que va a abrir contiene macros. Seleccione “Habilitar Macros”.
3. En ese instante, empezará a correr el software de clasificación. Aparecerá una ventana emergente con los datos del programa. Seleccione “Aceptar”

### II. Valoración de las variables y toma de datos.

*Para el proceso de valoración de las anomalías es muy importante que se realicen atentamente los pasos especificados a continuación. Es necesario seguir cuidadosamente las indicaciones y tomar nota de los resultados obtenidos para cada variable o bien directamente sobre el documento o bien en un estadillo similar al área de toma de datos.*

*Sólo se valoran las anomalías indicadas, que son aquellas que influyen en la clasificación de las probetas (puede haber otras). Esta valoración se realiza únicamente sobre la sección transversal de la pieza (una sola cara), que debe encontrarse limpia y preferiblemente pulida.*

*La descripción de las anomalías y variables viene acompañada por imágenes explicativas y patrones para análisis comparado; esto es, imágenes patrón que nos muestran una el aspecto de una anomalía y su valor asignado, y que pueden servir como referencia para la clasificación de nuestras piezas.*

*Todas las indicaciones de este manual se encuentran disponibles dentro de CorkClass 1.0. Si desea acceder a ellas, puede hacerlo pulsando sobre el botón "Ayuda" del área de opciones.*

1. Para comenzar con la clasificación, tomar la primera de sus piezas y asignarle un código de identificación (ID).
2. Medida del calibre. Con la ayuda de calibre o pie de rey, tomar tres medidas (en mm) sobre la sección transversal de la pieza. El calibre será igual a la media aritmética de las tres medidas.  
*Si se dispone de medios para realizar análisis de imagen de la sección transversal de la probeta, ésta medida pueden ser realizada mediante este tipo de software.*
3. Medida del coeficiente de porosidad. Obtener una fotografía de la sección transversal de la pieza (es preferible emplear un escáner a una cámara fotográfica con el fin de evitar sombras que distorsionen los resultados). Mediante un software de análisis de imagen, calcular el porcentaje de área ocupada por los poros en relación con el área total de la sección transversal de la pieza estudiada. Si no se dispone de medios para calcular este valor, pasar al punto 4.
4. Valoración del área de anomalías. Se observa la pieza para determinar si una fracción mayor al 20% de la superficie estudiada está ocupada por cualquiera de las singularidades estudiadas (poros, galerías, leño, etc.). Asignaremos los siguientes valores:
  - a. **SI:** Cuando la superficie ocupada por las anomalías ocupa más del 20% de la superficie total de la sección.
  - b. **NO:** La superficie ocupada por las anomalías ocupa menos del 20% de la superficie total de la sección (el corcho ocupa más del 80%).
5. Valoración del vientre. Se observa el margen inferior de la sección (aquel que estaba pegado al tronco del alcornoque). Según su apariencia y su regularidad asignaremos los siguiente valores:
  - a. **Grado 0:** Contorno suave y recto.
  - b. **Grado 1:** Contorno ondulado.
  - c. **Grado 2:** Contorno acusadamente rugoso.

6. Valoración de la raspa. La raspa es el tejido muerto de floema situado en la cara exterior de la plancha. Se inspecciona el margen superior de la sección y, en función de su grosor y aspecto, se asignan los siguientes valores:
- a. **Grado 0:** Espesor < 2 mm y contorno suave.
  - b. **Grado 1:** Espesor entre 2 y 5 mm; contorno suave.
  - c. **Grado 2:** Espesor > 5 mm y contorno rugoso.
7. Valoración de la exfoliación. La exfoliación consiste en la separación entre capas de crecimiento del corcho, muchas veces detectables sólo si se realiza un análisis ocular minucioso. No se considera exfoliación la separación debido a la presencia de leño horizontal. En función de su presencia e intensidad se clasifica en:
- a. **Grado 0:** Inexistente. No se considera como exfoliación el hecho de que todas las capas aparezcan marcadas fuertemente.
  - b. **Grado 1:** Poco patente. Se conoce como *vena seca*. Se observa una capa de crecimiento claramente marcada y diferenciada del resto de capas, sin que llegue a haber una separación física entre ellas. Debe tener una longitud mínima de 50 mm.
  - c. **Grado 2:** Separación evidente entre capas con una longitud mayor de 30 mm.
8. Valoración de la presencia de insectos. En algunas piezas se puede observar galerías causadas por ataques de insectos, tales como la culebra (*Coraeus undatus*) o la hormiga (*Crematogaster scutellaris*). Observar la sección en busca de galerías, asignando los siguientes valores a la pieza en función de su presencia e intensidad:
- a. **Grado 0:** Sin ataques.
  - b. **Grado 1:** 1 ó 2 galerías o agujeros.
  - c. **Grado 2:** 3 ó más galerías o agujeros.
9. Valoración del rajado. Observar la zona superior de la pieza, en busca de rajadas que partan desde la raspa hacia el interior de la pieza. Sólo se considerarán aquellas rajadas de forma convexa; aquellas que presentan los bordes paralelos son consideradas poros. Para valorar esta anomalía cobra una mayor importancia el tamaño de las rajadas (profundidad) y no su número. Se puede asignar los siguientes valores:
- a. **Grado 0:** Ninguna raja superior al 10% del espesor.
  - b. **Grado 1:** Al menos una raja entre el 10 y el 30% del espesor.
  - c. **Grado 2:** Al menos una raja mayor al 30% de espesor.
10. Valoración de la presencia de mancha amarilla. La mancha amarilla es una coloración amarillenta muy característica relacionada con ataques de hongos. Normalmente se sitúa cerca de la raspa o alrededor de los poros. Su presencia excluye a la pieza de los procesos de transformación del corcho. Por tanto, la valoración de esta anomalía podrá ser:
- a. **Grado 0:** Inexistente.
  - b. **Grado 1:** Presente en la pieza estudiada. Implica clasificación automática como Refugo.



- 11. Valoración del tipo de porosidad.** El tipo de porosidad evalúa la presencia y morfología de los poros de la sección estudiada. Se han descrito las siguientes seis clases:

- a. **Tipo A:** Pocos poros y muy finos.
- b. **Tipo B:** Poros finos, pero en menor cantidad que en el tipo A.
- c. **Tipo C:** Poros algo abiertos. No presentan forma dentada.
- d. **Tipo D:** Algunos poros abiertos con forma de hoja dentada.
- e. **Tipo E:** Al menos 2 poros presentan aspecto cónico.
- f. **Tipo F:** Corcho “fofo”, poros muy abiertos.

### III. Clasificación

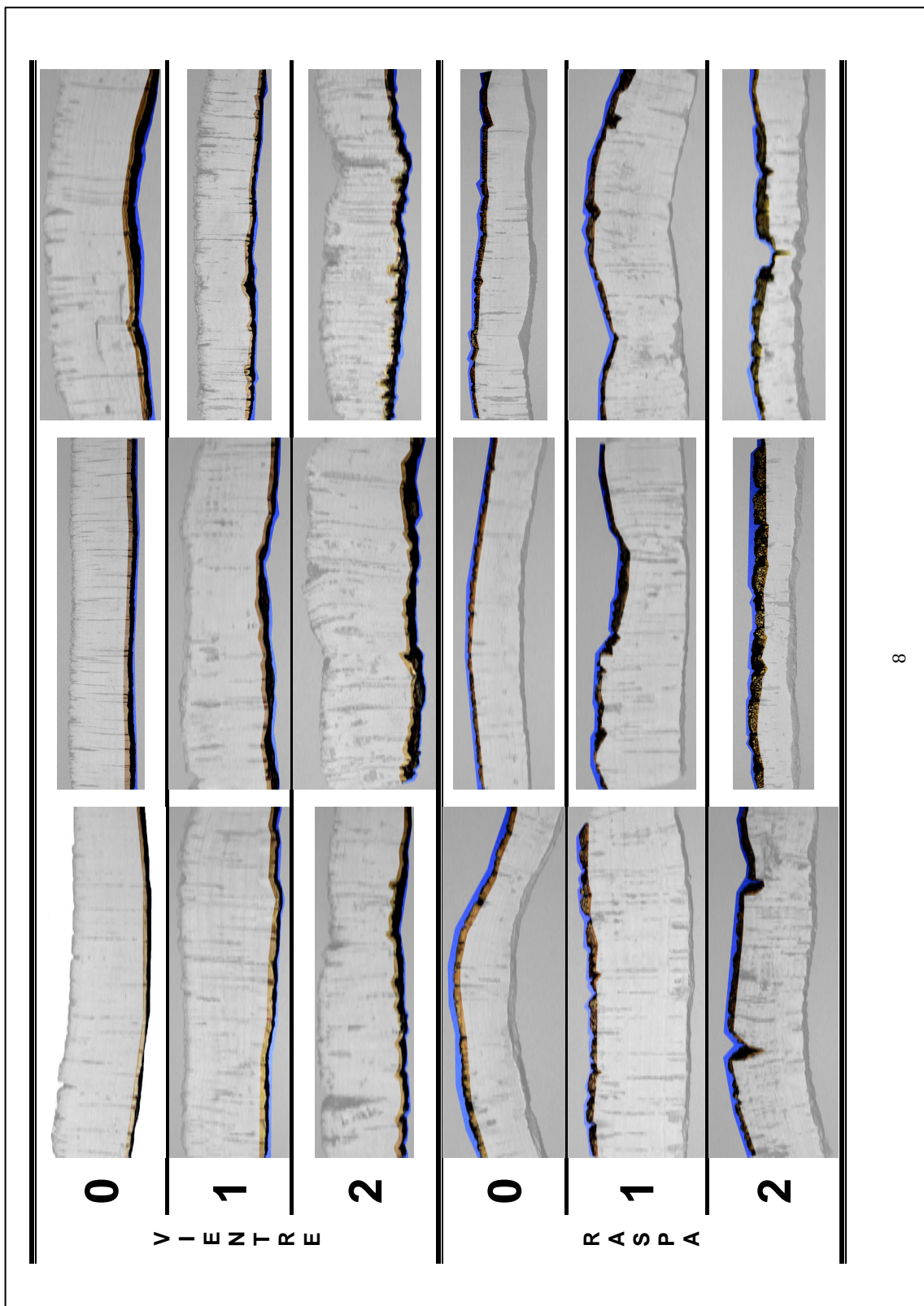
- 1.** Una vez se hayan introducido los valores para las variables en el espacio habilitado para la toma de datos, pulsar sobre el botón “CLASIFICAR” del área de opciones. Inmediatamente aparecerá la clase a la que pertenece cada pieza en el espacio de clasificación. Asimismo aparecerá el resumen de resultados en la parte superior derecha de la hoja.












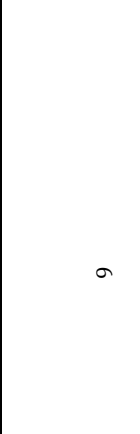


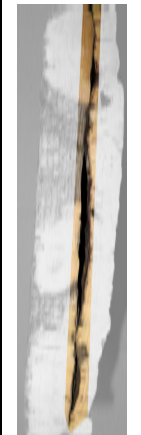

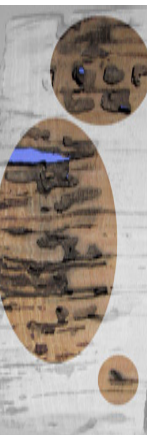

Nota: En caso de haber introducido el valor de coeficiente de porosidad, se obtendrá la clasificación mediante ambos modelos, correspondiendo el resumen de resultados (porcentaje de corcho taponable y de refugo) a los resultados del modelo completo (2TC). Si no se ha introducido el valor del coeficiente de porosidad, sólo aparecerá la clasificación por el modelo reducido (2TR), a la cual corresponderá el resumen de resultados.

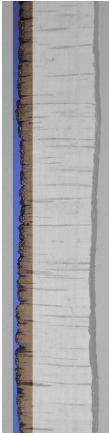

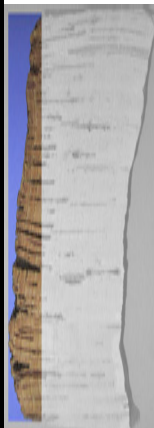
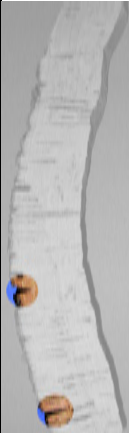

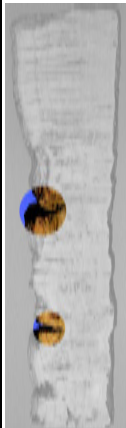



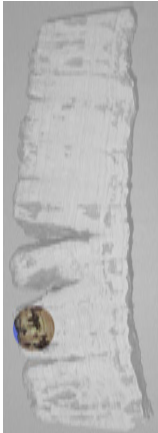
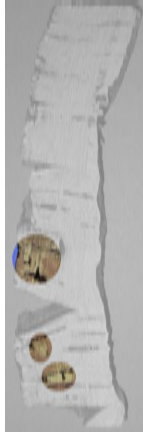
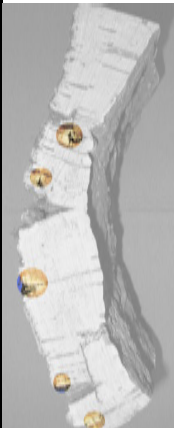
### IV. Finalizar y guardar

- 1.** Si se desea guardarlos resultados, hágase pulsando el botón “Guardar como” del área de Opciones y no guardando directamente el documento. Será necesario dar un nombre al archivo. Así, no se sobrescribirá el programa y se podrá seguir utilizando sin necesidad de eliminar datos antiguos cada vez que se inicie.
- 2.** Para salir, pulsar el botón “Cerrar” en el área de opciones o salir de Microsoft Excel® pulsando el aspa roja del vértice superior derecho, seleccionando “No guardar” cuando el programa pregunte si desea guardar los cambios realizados. Así, se podrá seguir utilizando el programa sin necesidad de eliminar datos antiguos cada vez que lo inicie.

















EXFOLIACIÓN			INSECTOS		
0	1	2	0	1	2
					
					
					
AUSENCIA			AUSENCIA		

			
0			
R A J A D O			
			
1			
			
2			
M · A M A R I L L A	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
0			
			
1			

10



A		
B		
C		
D		
E		
F		
T I P O D E P O R O S I D A D		

## Bibliografía

---

ASECOR –Agrupación Sanvicenteña de Empresarios del Corcho–. *El corcho: ecológico, sostenible y reciclable*. [s.l.]: ASECOR, 2007.

ASECOR –Agrupación Sanvicenteña de Empresarios del Corcho–. *Análisis de oportunidades de mercado y Alternativas de Productos de Corcho para las Empresas Corcheras Extremeñas*. [s.l.]: ASECOR, 2008

Fortes, M.A.; Rosa, M.E.; Pereira, H. *A cortiça*. Lisboa: IST Press, 2004

García de Ceca, J.L. et al. *Visual evaluation of cork anomalies to grade cork planks by thickness/quality*. En Pereira, H. (editor). *Cork oak and cork. European Conference on Cork oak and Cork, 5-7 May 1997, Lisboa, Portugal*. Lisboa: [s.n.], 1997.

García de Ceca, J.L. *Factores que afectan a la calidad del corcho en planchas*. Madrid: Universidad Politécnica, Departamento de Economía y Gestión de las Explotaciones e Industrias Forestales, 2001.

González Adrados, J.R. *Factores que determinan la calidad del corcho*. En AA.VV. *Actas del I Congreso Forestal Español, Lourizán, 14-18 de junio de 1993*. [s.l.]: S.E.C.F., 1993a.

González Adrados, J.R.; Montero González, G.; Ortega Muela, C. *Caracterización productiva de los alcornocales catalanes*. Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales, 1993b, 2 (1), p. 55-69.

González Adrados, J.R. González Hernández, F., Simón Serfaty, J.L. *Variabilidad de los factores de calidad para el corcho en plancha*. En AA.VV. *Actas del IV Congreso Forestal Español, Zaragoza, 26 al 30 de septiembre de 2005*. [s.l.]: S.E.C.F., 2005a.

González Adrados, J.R., García de Ceca, J.L., González Hernández, F. *Evaluación de anomalías y clasificación del corcho*. En AA.VV. *Actas del Congreso Internacional Alcornocales, Fábricas y Comerciantes: Pasado, Presente y Futuro del Negocio Corchero, Palafrugell, 16-18 de febrero de 2005*. [s.l.]: [s.n.], 2005b.

González Hernández, F. et al. *Las densidades volumétrica y superficial antes y después del hervido y su aplicación al cálculo de las expansiones en volumen, superficie y calibre del corcho*. En AA.VV. *1<sup>st</sup> World Cork Congress Acts, Lisboa, July 2000*. Lisboa: [s.n.], 2000.

González Hernández, F. et al. *Procesado en laboratorio para la obtención de los parámetros característicos del corcho en plancha*. En AA.VV. *Actas del III Congreso Forestal Español, Granada, 25-28 de septiembre de 2001*. [s.l.]: S.E.C.F., 2001a.

IPROCOR –Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal–. *Plan de calas 2012*. [s.l.]: IPROCOR, 2013.

Montoya Oliver, J. *Los alcornocales*. 2ª ed. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1988.

Montoya Oliver, J. *Aproximación al conocimiento del crecimiento y producción del Quercus suber L. según distintas calidades estacionales*. Cortiça, 1985, 557, p. 479-484.

Pereira, H. *Cork: biology, production and uses*. Oxford: ElServier, 2007.

Ruiz de la Torre, J. *Flora mayor*. Madrid: ICONA, 2006.

UNAC –Unão de Floresta Mediterrânica–. *Boletim de mercado da cortiça: Campanha de 2012*. [s.l.]: UNAC, 2013.

Vázquez Piqué, J. *Modelos predictivos de producción de corcho y detección precoz de la calidad*. Lisboa; Universidade Tecnica, Departamento Forestal, Instituto Superior de Agronomia, 2002.

Vieira Natividade, J. *Subericultura*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1992.

World Wildlife Fund –WWF–. *Cork screwed? Environmental and economic impacts of the cork stoppers market*. [s.l.]: WWF/MEDPO, 2006.